

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(2)

(11)Publication number : 2002-170247

(43)Date of publication of application : 14.06.2002

(51)Int.Cl.

G11B 7/0065

G02B 5/122

G03H 1/02

G03H 1/28

(21)Application number : 2000-360262 (71)Applicant : SONY CORP

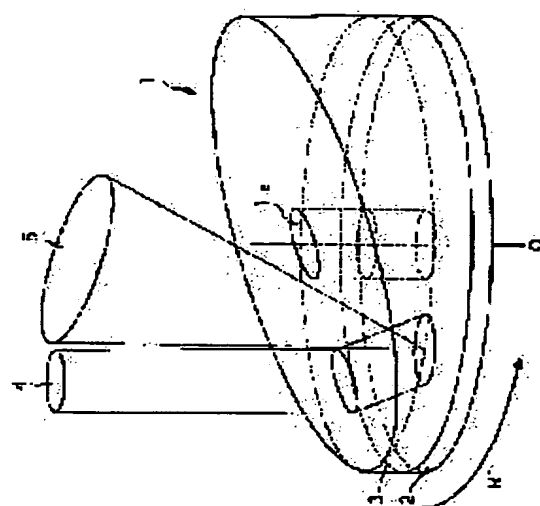
(22)Date of filing : 27.11.2000 (72)Inventor : SUGANUMA HIROSHI

(54) HOLOGRAM RECORDING MEDIUM, HOLOGRAM RECORDING AND REPRODUCING DEVICE AND HOLOGRAM RECORDING AND REPRODUCING METHOD

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To easily carry out multiple recording of holograms.

SOLUTION: The hologram recording medium 1 is provided with a hologram recording medium layer for recording the holograms and a wedge substrate for changing the progression direction of incident reference light 4 and object light 5. The angle multiplex recording of the holograms is carried out by rotating the hologram recording medium 1 having the hologram recording layer and the wedge substrate, thereby changing the progression direction of the reference light 4 and the object light 5.



* NOTICES *

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.**** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1]A hologram recording medium with which an information signal is recorded as topology of light by [characterized by comprising the following] the ability to irradiate with a reference beam and object light, rotating.

It is the 1st parallel principal surface to a rotational plane.

It is inclination to this 1st principal surface.

[Claim 2]The hologram recording medium according to claim 1 which is provided with the following and characterized by coming to constitute the above-mentioned recording layer with an organic photosensitive material.

It is the 1st parallel principal surface of the above to the above-mentioned rotational plane.

A substrate which has the 2nd principal surface of the above that has inclination to this 1st principal surface, and has the translucency with which at least one side is irradiated from the 2nd principal surface of the above among the above-mentioned reference beam and object light, and which can make at least a part of irradiated above-mentioned reference beam and object light penetrate.

A recording layer which is allocated in parallel to the above-mentioned rotational plane, and records and/or reproduces an information signal as topology of light.

[Claim 3]The hologram recording medium according to claim 1 characterized by coming to be formed with a photorefractive crystal which doped metal.

[Claim 4]The hologram recording medium according to claim 3, wherein the above-mentioned metal is an alloy of Fe, Ce, Pr, or Fe and Mn.

[Claim 5]The hologram recording medium according to claim 3, wherein the above-mentioned photorefractive crystal is LiNbO_3 or LiTaO_3 .

[Claim 6]The hologram recording medium according to claim 1 allocating in the principal surface side of the above 1st of an opposite hand a reflecting layer which reflects the above-mentioned reference beam and object light which were irradiated to the 2nd principal

surface of the above where the above-mentioned reference beam and object light are irradiated.

[Claim 7]The hologram recording medium according to claim 6, wherein the above-mentioned reflecting layer is the cube-corner-reflector group which arranged a cube corner reflector to array form.

[Claim 8]Hologram recording playback equipment which performs record and/or reproduction for an information signal as topology of light by irradiating with a reference beam and object light to a hologram recording medium characterized by comprising the following.

A drive system for rotating the above-mentioned hologram recording medium.

It has a light source which outputs the above-mentioned reference beam and object light, As opposed to a rotational plane. As opposed to the 1st parallel principal surface and 1st principal surface of the above. An optical system which irradiates with the above-mentioned reference beam and object light to a hologram recording medium which has the 2nd principal surface that has inclination and has the translucency which can make at least a part of above-mentioned reference beam which at least one side was irradiated from the 2nd principal surface of the above among the above-mentioned reference beam and object light, and was irradiated, and object light penetrate.

A control section which performs control of the above-mentioned drive system and the above-mentioned optical system.

[Claim 9]The above-mentioned reference beam which the above-mentioned optical system was provided with a reflection part which reflects the irradiated above-mentioned reference beam, and penetrated the above-mentioned hologram recording medium once, The hologram recording playback equipment according to claim 8 reflecting in the above-mentioned hologram recording medium as a phase conjugation light using the above-mentioned reflection part, and reproducing considering an information signal as topology of light.

[Claim 10]The hologram recording playback equipment according to claim 9, wherein the above-mentioned reflection part is the cube-corner-reflector group which arranged a cube corner reflector or a cube corner reflector to array form.

[Claim 11]In a hologram recording regeneration method which performs record and/or reproduction for an information signal as topology of light by irradiating with a reference beam and object light to a hologram recording medium, As opposed to a rotational plane. As opposed to the 1st parallel principal surface and 1st principal surface. Have the 2nd principal surface that has inclination and at least one side rotates a hologram recording medium which has the translucency which can make at least a part of above-mentioned reference beam glared and irradiated from the 2nd principal surface of the above, and object light penetrate among the above-mentioned reference beam and object light, A hologram recording regeneration method performing record and/or reproduction for an

information signal as topology of light to the above-mentioned hologram recording medium using the above-mentioned reference beam and object light.

[Claim 12]The hologram recording regeneration method according to claim 11 reflecting the above-mentioned reference beam which penetrated the above-mentioned hologram recording medium once using a mirror, making the same optical path go back, irradiating the above-mentioned hologram recording medium as a phase conjugation light, and reproducing considering an information signal as topology of light.

[Claim 13]The above-mentioned reference beam which penetrated the above-mentioned hologram recording medium once is reflected using a cube-corner-reflector group which arranged a cube corner reflector or a cube corner reflector to array form, The hologram recording regeneration method according to claim 11 making the same optical path go back, irradiating the above-mentioned hologram recording medium as a phase conjugation light, and reproducing considering an information signal as topology of light.

[Claim 14]The hologram recording regeneration method according to claim 13 allocating the above-mentioned cube corner reflector or the above-mentioned cube-corner-reflector group in a beam waist of the above-mentioned reference beam which penetrated the above-mentioned hologram recording medium once.

[Translation done.]

* NOTICES *

JP0 and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.**** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention]It is related with the hologram recording medium which records an information signal as topology of light, and the hologram recording playback equipment and the hologram recording regeneration method which carry out record reproduction of the information signal as topology of light.

[0002]

[Description of the Prior Art]The conventional hologram recording medium is carrying out film shape, disk form, etc.

By the ability to irradiate with the reference beam and object light which are coherent laser beams mutually, the information signal used as a recording object is recorded as topology of the interference pattern of a reference beam and object light, i.e., a reference beam, and object light.

Here, object light is given the information signal as topology of light.

They are the laser beam reflected from the object, and the laser beam modulated with the spatial modulation machine.

A hologram recording medium reproduces a hologram by the ability to irradiate with the regenerated light which is a reference beam or a reference beam, and a phase conjugation light.

[0003]There are many reports about the hologram recording playback equipment using the hologram recording medium of disk form. For example, in United States patent USP5671073, the method (below, it is called shift multiplex recording.) of carrying out multiplex recording of the hologram by rotation of the hologram recording medium of disk form is proposed, using a spherical wave as a reference beam.

[0004]These days, A crystal. To disk form. . The example of the processed hologram recording medium is also announced. Tao Shiquan et al. "Multi-track storage of 10,000 holograms in a disk-type photorefractive crystal," SPIE Vol.3864. pp.270 (1999).

[0005]There is the method (below, it is called angle multiplex recording.) of carrying out

multiplex recording of the hologram as a method of recording a hologram on the conventional hologram recording medium by change of the incidence angle over the hologram recording medium of a reference beam and/or object light.

[0006]In order to perform angle multiplex recording, the incidence angle over the hologram recording medium of a reference beam and/or object light must be changed using a beam deflector etc.

[0007]In order to perform angle multiplex recording to a hologram recording medium, methods of changing the incidence angle of a reference beam and/or object light include the technique using the beam deflector described below.

[0008]When a beam deflector is used, as a method of changing the incidence angle over the hologram recording medium of a reference beam and/or object light, The technique electrically controlled using a technique, an acoustooptic deflector (referred to as AOD below.), an electrooptic deflector (referred to as EOD below.), etc. which are mechanically controlled using a galvanomirror etc. is used.

[0009]Here, the decomposition point N [several] of these beam deflectors is a (a round shape is 1.22.) about the shape factor of D and an aperture in the width of the aperture of a beam deflector.

A rectangle is 1. Angle amplitude of lambda, a reference beam, and/or object light is set to phi, and the wavelength of the reference beam irradiated by the hologram recording medium and/or object light is obtained by the following formulas 1.

[0010]

[Equation 1]

$$N = \frac{\phi D}{a \lambda} \quad (\text{式1})$$

[0011]Therefore, it turns out that it has the width D of a big aperture from the above-mentioned formula 1, and the decomposition point N [several] increases, so that the angle amplitude phi of a reference beam and/or object light is large. Since it becomes more nearly constant [the product of the incidence quantity of the reference beam in each field, and/or object light, and an incidence angle] than Lagrange Helmholtz's relation, even if it allocates a beam shaping optical system before and after a beam deflector, this number of decomposition points is eternal.

[0012]Other methods of changing the incidence angle of the reference beam irradiated to a hologram recording medium and/or object light include the beam deflection method by wedge-shaped prism. In order that only a minute quantity may change the direction of movement of a reference beam and/or object light, it is known that a minute angle can be adjusted by rotating wedge-shaped prism. Thereby, a reference beam and/or object light can be deflected in the arbitrary directions. And since the deflection angle over rotation can be made small if the vertical angle of wedge-shaped prism is made small, it is a method

effective in adjustment of the minute angle of the direction of movement of a reference beam and/or object light.

[0013]These days, the multiplex recording method of a new hologram is proposed, and as the example, Below details. . There is a method called the peri SUTORO Fick multiplex recording to describe. (Kevin Curtis et al. "Method for holographic storage using peristrophic multiplexing," 19, Opt.Lett.993 (1994), A. Pu et) al. "High density holographic storage in thin film" SPIE Vol.2338, Optical Data Storage (1994), 69.

[0014]Peri SUTORO Fick multiplex recording is the method of realizing multiplex recording of a hologram, by rotating the reference beam 41 in the direction of the arrow R2 along the conic surface which makes the peak some hologram recording media 40 made into disk form, as shown in drawing 33.

[0015]By changing the incidence angle over the hologram recording medium 40 of the reference beam 41 in the direction of the arrow R3, the peri SUTORO Fick multiplex recording can use together the angle multiplex recording method of a hologram mentioned above to a radius vector direction, and can also raise a multiplicity further.

[0016]In the case of peri SUTORO Fick multiplex recording, set a bragg angle to $d\theta$ and here this $d\theta$, If λ is made into wavelength and the incidence angle of the reference beam 41 to the hologram recording medium 40 and θ_s are used [t] as the incidence angle of the object light 42 to the hologram recording medium 40 for the thickness of the hologram recording medium 40, and θ_R , it will be given by the following formulas 2.

[0017]

[Equation 2]

$$d\theta = \frac{\sqrt{2\lambda \cos \theta_s}}{t \sin \theta_R (\sin \theta_R + \sin \theta_s)} \quad (\text{式2})$$

[0018]In the case of the angle multiplex recording method of the usual hologram, bragg angle $d\theta$ sets the refractive index of the hologram recording medium 40 to n , and is given by the following formulas 3.

[0019]

[Equation 3]

$$d\theta' = \frac{\lambda \cdot \cos \theta_s}{n \cdot t \cdot \sin (\theta_R + \theta_s)} \quad (\text{式3})$$

[0020]Next, there is a method of performing phase conjugation reproduction as a method of reproducing a hologram using the conventional hologram recording medium using phase conjugation light with a reverse direction of movement with the phase same as regenerated light as a reference beam. As a method for producing and cheating out of phase conjugation light, in order to perform phase conjugation reproduction, the irradiated

reference beam is divided by a beam splitter, and there is the method of making an optical path different from the reference beam for recording a hologram.

[0021]

[Problem(s) to be Solved by the Invention]However, when using the conventional hologram recording medium mentioned above and recording and/or reproducing a hologram, the decomposition points N [several] of the technique using AOD and EOD which are beam deflectors are 1000 points and about several ten points, respectively. There is a limit in increasing a multiplicity with these numbers of decomposition points. And in order to have made storage density into the maximum, eliminating a crosstalk noise, there was a problem that the deflecting angle of a reference beam and/or object light had to be controlled by accuracy about the abundance for 1000 minutes.

[0022]In the case of the technique mechanically controlled using the galvanomirror etc. which are beam deflectors, there was a problem that the stability to reproducibility and resolution accuracy, such as a backlash, or disturbance worsened.

[0023]When peri SUTORO Fick multiplex recording was carried out, there was a problem that the device which deflects a reference beam was complicated and became large-scale.

[0024]In the method of performing phase conjugation reproduction, since regenerated light was produced and another optical path was made, when an optical system was enlarged and also angle multiplex recording of a hologram was performed, there was a problem that the beam deflector of a reference beam had to be prepared about each optical path.

[0025]Then, this invention is proposed in view of the actual condition mentioned above, and makes it possible to control more the deflecting angle of the reference beam entered to a hologram recording medium, and object light to high degree of accuracy, It aims at raising the multiplicity of a hologram to record and raising the storage capacity of a hologram recording medium.

[0026]

[Means for Solving the Problem]A hologram recording medium applied to this invention in order to solve a technical problem mentioned above is a hologram recording medium with which an information signal is recorded as topology of light by the ability to irradiate with a reference beam and object light, rotating. It has the 1st parallel principal surface and the 2nd principal surface that has inclination to this 1st principal surface to a rotational plane, At least one side has the translucency with which it is irradiated from the 2nd principal surface and which can make at least a part of irradiated reference beam and object light penetrate among a reference beam and object light.

[0027]The hologram recording medium concerning this invention constituted as mentioned above can deflect a reference beam irradiated by rotating with a hologram recording medium, can carry out angle multiplex recording of the information signal as topology of a reference beam and object light, and can raise storage density.

[0028]Hologram recording playback equipment concerning this invention is hologram recording playback equipment which performs record and/or reproduction for an information

signal as topology of light by irradiating with a reference beam and object light to a hologram recording medium. A drive system for rotating a hologram recording medium, Have a light source which outputs a reference beam and object light, and the 1st parallel principal surface and 1st principal surface are received to a rotational plane. An optical system which irradiates with a reference beam and object light to a hologram recording medium which has the 2nd principal surface that has inclination and has the translucency which can make at least a part of reference beam which at least one side was irradiated from the 2nd principal surface among a reference beam and object light, and was irradiated, and object light penetrate, It has a control section which performs control of a drive system and an optical system.

[0029]And a hologram recording regeneration method concerning this invention is a hologram recording regeneration method which performs record and/or reproduction for an information signal as topology of light by irradiating with a reference beam and object light to a hologram recording medium. It has the 2nd principal surface that has inclination to the 1st parallel principal surface and 1st principal surface to a rotational plane, At least one side is irradiated from the 2nd principal surface among a reference beam and object light, A hologram recording medium which has the translucency which can make at least a part of irradiated reference beam and object light penetrate is rotated, and record and/or reproduction are performed for an information signal as topology of light to the above-mentioned hologram recording medium using a reference beam and object light.

[0030]In hologram recording playback equipment and a hologram recording regeneration method concerning this invention constituted as mentioned above, to a hologram recording medium concerning this invention mentioned above, it irradiates with a reference beam and object light, and an information signal can be recorded and/or reproduced as topology of light. And when performing angle multiplex recording for an information signal as topology of light, accuracy of control of an angle which deflects a reference beam can be raised, and storage density can be raised.

[0031]

[Embodiment of the Invention]The hologram recording medium concerning this invention is explained in detail using a drawing about the case where it applies to the hologram recording medium of approximately disk form.

[0032]Record and/or reproduction of a hologram are performed in this hologram recording medium using the hologram recording playback equipment and the hologram recording regeneration method concerning this invention. Below, hologram recording playback equipment and a hologram recording regeneration method are also explained collectively.

[0033]The hologram recording medium concerning this invention is concretely shown as the 1st example of composition, and 2nd example of composition below.

[0034]First, as 1st example of composition, as shown in drawing 1, the hologram recording medium 1 is made into the approximately disk form which has the opening 1a in the center as a whole, and is constituted by the hologram recording layer 2 and the wedge board 3.

The hologram recording medium 1 rotates in the direction of the arrow R1 focusing on the axis O at the time of record reproduction. The hologram recording medium 1 is provided with the following.

It is the 1st parallel principal surface to the rotational plane of the hologram recording medium 1.

The 2nd principal surface that has inclination to this 1st principal surface.

[0035]The hologram recording layer 2 is allocated in the parallel 1st principal surface side by the hologram recording medium 1 to the rotational plane of the hologram recording medium 1. The hologram recording layer 2 records the information signal used as a recording object as an interference pattern of the reference beam 4 and the object light 5 by the ability to irradiate with the reference beam 4 and the object light 5 which are coherent laser beams mutually. The topology of the irradiated reference beam 4 and the object light 5 is included in this interference pattern.

[0036]Although all the materials that can record a hologram can be used as a material which constitutes the hologram recording layer 2, it is preferred to, use organic recording materials, such as a photopolymer and a liquid crystal, for example.

[0037]The wedge board 3 is provided with the following.

The hologram recording medium 1 carries out a rotational plane pair, and it is the 1st parallel principal surface.

The 2nd principal surface that has inclination to this 1st principal surface.

It is allocated so that the 1st principal surface may turn into the bottom and may contact the hologram recording layer 2. Since the 2nd principal surface inclines to the 1st principal surface, it has a function as prism and the wedge board 3 is deflected by making the irradiated reference beam 4 penetrate, and making it refracted.

[0038]What is necessary is just to be able to make the reference beam 4 and the object light 5 penetrate as a material which constitutes the wedge board 3.

[0039]The reference beam 4 and the object light 5 are coherent laser beams mutually, are irradiated by the hologram recording medium 1 from the laser light source (not shown) with which the hologram recording playback equipment mentioned later is equipped, and record a hologram. The object light 5 includes the information signal used as a recording object as topology of light.

[0040]The hologram recording medium 1 constituted as mentioned above rotates in the arrow R1 direction centering on the axis of rotation O. In this case, for example, chucking of the opening 1a is carried out by a hologram recording device. Since the wedge board 3 has a function as prism when the hologram recording medium 1 rotates, the direction of the vertical angle as prism of the wedge board 3 will rotate. In order that the incidence angle at the time of the reference beam 4 irradiated to the hologram recording medium 1 entering into the wedge board 3 may change from a laser light source by this, the reference beam 4 is deflected within the wedge board 3.

[0041]Here, signs that the reference beam 4 mentioned above deviates with rotation of the hologram recording medium 1 are shown in drawing 2 thru/or drawing 5 as a sectional view.

[0042]First, the sectional view in the A-A' line in drawing 2 is shown in drawing 3. The reference beam 4 irradiated towards the hologram recording medium 1 enters in the wedge board 3 through the optical path of the arrow C. The reference beam 4 which entered in the wedge board 3 is deflected by the entrance plane of the wedge board 3, and reaches the hologram recording layer 2.

[0043]On the other hand, the object light 5 irradiated by the hologram recording medium 1 enters in the wedge board 3 through the optical path of arrow C', and reaches the hologram recording layer 2.

[0044]Next, the sectional view in the state where fixed the position made to irradiate with the reference beam 4 from the sectional view in the B-B' line in drawing 2, i.e., the sectional view of drawing 3, and the hologram recording medium 1 was rotated 90 degrees in the direction of the arrow R1 is shown in drawing 4. The reference beam 4 irradiated towards the hologram recording medium 1 enters in the wedge board 3 through the optical path of the arrow D. The reference beam 4 which entered in the wedge board 3 is deflected by the entrance plane of the wedge board 3, and reaches the hologram recording layer 2.

[0045]On the other hand, the object light 5 irradiated by the hologram recording medium 1 enters in the wedge board 3 through the optical path of arrow D', and reaches the hologram recording layer 2.

[0046]Next, the sectional view in the state where fixed the position made to irradiate with the reference beam 4 from the sectional view in the A'-A line in drawing 2, i.e., the sectional view of drawing 3, and the hologram recording medium 1 was rotated 180 degrees in the direction of the arrow R1 is shown in drawing 5. The reference beam 4 irradiated towards the hologram recording medium 1 enters in the wedge board 3 through the optical path of the arrow E. The reference beam 4 which entered in the wedge board 3 is deflected by the entrance plane of the wedge board 3, and reaches the hologram recording layer 2.

[0047]On the other hand, the object light 5 irradiated by the hologram recording medium 1 enters in the wedge board 3 through the optical path of arrow E', and reaches the hologram recording layer 2.

[0048]Next, in the state where fixed the position made to irradiate with the reference beam 4 from the sectional view in the A'-A line in drawing 2, i.e., the sectional view of drawing 3, and the hologram recording medium 1 was rotated 270 degrees in the direction of the arrow R1, explanation is omitted for drawing 4 and an abbreviated EQC.

[0049]As mentioned above, the direction of movement of the reference beam 4 with which the hologram recording medium 1 was irradiated because the hologram recording medium 1 rotates can be deflected by the entrance plane of the wedge board 3. And the following information signal is recorded as a hologram in the place which only sufficient angle rotated until the Bragg condition of the hologram recorded before was no longer fulfilled. If it is

made to irradiate with regenerated light (not shown) to the hologram recording medium 1 at the time of reproduction, the recorded object light 5 will be reproduced and an information signal will be reproduced as a hologram.

[0050]As regenerated light, the phase conjugation light which are the reference beam 4 or the reference beam 4, and a phase conjugation laser beam can be used. This regenerated light is outputted from the laser light source of the hologram recording playback equipment mentioned later.

[0051]Here, the relation between the vertical angle of the prism of the wedge board 3 and the angle of a deviation within the hologram recording medium 1 is shown to drawing 6 thru/or drawing 8. As what enters vertically to the bottom of the hologram recording medium 1, the reference beam 4, As for $\sin \alpha$, the vertical angle of the wedge board 3 can be expressed like the following formulas 4, if the refractive index of beta and the wedge board 3 is set to n for the angle of the deflection direction of the reference beam 4 within alpha and the wedge board 3, and the normal of the 2nd principal surface of the hologram recording medium 1 to make.

[0052]

[Equation 4]

$$\sin \alpha = n \cdot \sin \beta \quad (\text{式4})$$

[0053]If the angle of α' , and the reference beam 4 and the normal of the 2nd principal surface of the hologram recording medium 1 to make is made into β' for the vertical angle of the wedge board 3 in gamma and gamma side, the angle which measured the direction vertical to the direction of a vertical angle of the wedge board 3 counter clockwise as 0 times, $\tan \alpha'$ and $\sin \alpha'$ can be expressed like the following formulas 5 and the formula 6.

[0054]

[Equation 5]

$$\tan \alpha' = \tan \alpha \times \sin \gamma \quad (\text{式5})$$

[0055]

[Equation 6]

$$\sin \alpha' = n \cdot \sin \beta' \quad (\text{式6})$$

[0056]These are allied and the result calculated about the case of $n = 1.5$ is shown in drawing 9 as a graph $\alpha = 5$ times. While the hologram recording medium 1 rotates one time so that this graph may also show, β' changes in 3.33 degrees. On this condition, if angle multiplex recording is performed every $5/1000$ degree, it will become the calculation which can carry out multiplex recording of the about 2500 hologram in 1 round of the hologram recording medium 1.

[0057]By using as a track the field for 1 round by which multiplex recording was carried out in this hologram, the track of the concentric circle shape of spiral or the arrow R3 of the

arrow R2 can be followed, and the hologram recording medium 1 can record each hologram, as shown in drawing 10 and drawing 11. If such track structure 6 is formed in concentric circle shape 400, for example, multiplex recording of the hologram of 1 million can be carried out.

[0058]When not using here the angle deviation technique by a beam deflector etc. which are used conventionally, or the wavelength variable technique according wavelength to a laser light source or two or more laser light sources etc. in which variable is possible, Since an adjacent track is recorded by the same reference beam 4, if an adjacent track is piled up and recorded, regenerated light will be irradiated by both tracks at the time of reproduction of a hologram. Since this will reproduce two or more holograms simultaneously, each track must be separated thoroughly. However, if it records combining the angle deviation technique or the wavelength variable technique used conventionally, multiplex recording of the hologram can be carried out also to a radius vector direction, and a multiplicity, i.e., storage density, can be raised further.

[0059]Between each track, as shown in drawing 10 and drawing 11, the groove 7 etc. may be formed like an optical disc used from the former for positioning of a laser beam at the time of record or playback.

[0060]As mentioned above, in the 1st example of composition of the hologram medium 1 concerning this invention. When it has the 1st principal surface and 2nd principal surface as the wedge board 3 which the hologram recording medium 1 has mentioned above, and this hologram recording medium 1 rotates, A direction of movement of the reference beam 4 which enters in the wedge board 3 can be deflected, and angle multiplex recording of a hologram can be performed to the hologram recording layer 2. An angle which deflects the reference beam 4 without making hologram recording playback equipment enlarge is controllable with sufficient accuracy.

[0061]The hologram recording medium 1 reproduces a hologram recorded by the ability to irradiate with the reference beam 4 or the reference beam 4, and a phase conjugation laser beam as regenerated light.

[0062]About control of an angle which deflects the reference beam 4, accuracy improves like a case where a way which used a deviation method by rotation of the hologram recording medium 1 rotates prism compared with an angle deflection means which used the conventional beam deflector etc. Next, as 2nd example of composition, as shown in drawing 12, the hologram recording medium 1 is made into approximately disk form which has the opening 1a in the center as a whole, and is constituted by the wedge board 3. The hologram recording medium 1 rotates in the direction of the arrow R1 focusing on the axis O at the time of record reproduction. The hologram recording medium 1 is provided with the following.

It is the 1st parallel principal surface to a rotational plane of the hologram recording medium 1.

The 2nd principal surface that has inclination to this 1st principal surface.

Below, only a point of difference with the 1st example of composition is explained, and explanation is omitted about the other point for an abbreviated EQC.

[0063]The wedge board 3 is provided with the following.

It has approximately disk form and is the 1st level principal surface to a rotational plane of the hologram recording medium 1.

The 2nd principal surface that has inclination to this 1st principal surface.

[0064]The wedge board 3 records an information signal used as a recording object as an interference pattern of the reference beam 4 and the object light 5 by the ability to irradiate with the reference beam 4 and the object light 5 which are coherent laser beams mutually.

[0065]The wedge board 3 has a function as prism, can be made to be able to deflect it by making the reference beam 4 and the object light 5 which entered in the wedge board 3 refracted in an entrance plane, and can be made to penetrate.

[0066]As a material which constitutes the wedge board 3, inorganic recording materials, such as a photorefractive crystal which doped an alloy of Fe, Ce, Pr, or Fe and Mn, etc., are used, for example. As a photorefractive crystal, LiNbO_3 , LiTaO_3 , etc. are preferred, for example.

[0067]The hologram recording medium 1 constituted as mentioned above rotates in the arrow R1 direction focusing on the axis O as well as a case where it has the hologram recording layer 2 mentioned above.

[0068]About a deflection direction of the reference beam 4 at the time of the hologram recording medium 1 rotating, and the object light 5, since it is the hologram recording layer 2 and an abbreviated EQC like the 1st example of composition mentioned above, explanation is omitted.

[0069]When it does not have the hologram recording layer 2 as 2nd example of composition to recording a hologram on the hologram recording layer 2 when the hologram recording medium 1 has the hologram recording layer 2 like the 1st example of composition, a hologram is recorded on the wedge board 3. In other words, it can be said that the wedge board 3 whole is used as a record section.

[0070]However, in the hologram recording medium 1, to use material which has the characteristic of double reflexes, such as a crystal, it needs to be cautious of a polarization direction of a laser beam used for record and/or reproduction, and a direction of a crystal axis. That is, as for a laser beam used when recording and/or reproducing a hologram, it is desirable to choose a polarization direction and crystal orientation so that inside of the hologram recording medium 1 may be spread as peculiar polarization.

[0071]For example, in a lithium-niobate (LiNbO_3) crystal which is a photorefractive crystal used best, c axis of a crystal is perpendicularly used as the bottom of the wedge board 3, and it spreads the reference beam 4 and the object light 5 as an ordinary ray.

[0072]In the 2nd example of composition of the hologram recording medium 1 constituted

as mentioned above, by having the wedge board 3, the reference beam 4 which entered in the wedge board 3 can be deflected, and a hologram can be recorded. And when the hologram recording medium 1 rotates, angle multiplex recording can be performed easily, without using an optical system for an incidence angle of the reference beam 4 changing into the hologram recording medium 1, and changing an incidence angle of the reference beam 4.

[0073]The hologram recording medium 1 reproduces a hologram recorded by the ability to irradiate with the reference beam 4 or the reference beam 4, and a phase conjugation laser beam as regenerated light.

[0074]Compared with the conventional deflection means, a way which used a deviation method by rotation of the hologram recording medium 1 can control by rotation of the hologram recording medium 1 an angle which deflects the reference beam 4 with sufficient accuracy like a case where prism is rotated.

[0075]It is good though the hologram recording medium 1 concerning this invention has a reflecting layer which reflects the reference beam 4. So, below, a case where it has a reflecting layer is explained. In a point which does not have description in particular, it shall be the hologram recording medium 1 and an abbreviated EQC which do not have the reflecting layer mentioned above, and explains.

[0076]A reflecting layer is allocated in the parallel 1st principal surface side to a rotational plane of the hologram recording medium 1, and has the disk form of an approximate circle form. The reflecting layer can reflect the reference beam 4 irradiated from the 2nd principal surface that has inclination to the 1st principal surface of the hologram recording medium 1. As a reflecting layer, a flat mirror or a cube corner reflector can be used.

[0077]First, a case where a flat mirror is used as a reflecting layer is explained. As shown in drawing 13 and drawing 14, the flat mirror 10 is allocated by the lower part of the hologram recording medium 1, and reflects the reference beam 4.

[0078]When recording a hologram to the hologram recording medium 1 which has the flat mirror 10, the reference beam 4 is irradiated in the direction shown in the arrow A10 in drawing 13. Next, the reference beam 4 enters into the hologram recording medium 1, is deflected by an entrance plane, and is reflected in the direction shown in the arrow A11 by the flat mirror 10.

[0079]When recording a hologram to the hologram recording medium 1 which has the flat mirror 10, the object light 5 is irradiated in the direction shown in the arrow A12.

[0080]The hologram recording medium 1 records as a hologram an interference pattern of the reference beam 4 and the object light 5 which entered by an optical path which was mentioned above.

[0081]When reproducing a hologram, the regenerated light 11 is irradiated in the direction shown in the arrow A13 in drawing 14. Next, the regenerated light 11 is entered and deflected to the hologram recording medium 1, and is reflected in the direction shown in the arrow A14 by the flat mirror 10. The object light 5 reproduced from the hologram recording

medium 1 which has irradiated with the regenerated light 11 is reproduced in the direction shown in the arrow A15.

[0082]The hologram recording medium 1 may presuppose that it is an incidence direction of the object light 5 mentioned above from the direction of a peripheral surface shown in the arrow A16, as shown in drawing 15. In this case, if it irradiates with the regenerated light 11 and a recorded hologram is reproduced, as shown in drawing 16, the object light 5 will be reproduced in the direction shown in the arrow A17. In the reference beam 4, since it is the same as that of a case where it is able to irradiate with the object light 5 from a direction shown in the arrow A12, explanation is omitted. When irradiating [which is shown in the arrow A16] with the object light 5 from a peripheral surface and it has the hologram recording layer 2 like the 1st example of composition, a field in which the reference beam 4 and the object light 5 interfere must be carried out in the hologram recording layer 2.

[0083]As mentioned above, when the flat mirror 10 is used as a reflecting layer, the object light 5 is reproduced in the direction with which the object light 5 was irradiated by irradiating with the regenerated light 11 which is the reference beam 4 from an optical path contrary to the reference beam 4 at the time of recording a hologram.

[0084]Next, a case where a cube-corner-reflector group is used as a reflecting layer is explained. To a rotational plane of the hologram recording medium 1, as shown in drawing 17 and drawing 18, record reproduction of a hologram is performed to the parallel 1st principal surface side by allocating the cube-corner-reflector group 12.

[0085]The cube-corner-reflector group 12 arranges the cube corner reflector 13 shown in drawing 19 to array form. Three reflectors are prism, mirrors, etc. which become vertical mutually and which a position comes to allocate, and the cube corner reflector 13 has the shape which cut off a cubical vertical angle. The cube corner reflector 13 carries out total internal reflection of the laser beam which entered from the whole surface in three reflectors, and is made to emit to an opposite direction from an entrance plane to an incidence direction of a laser beam. In this case, a laser beam to emit polarizes 180 degrees to a laser beam which entered. The image 14 and the image 15 which are shown in drawing 19 show that an image which entered is polarizing 180 degrees, like the image 15, the image 14 which entered repeats total internal reflection 3 times within the cube corner reflector 13, and polarize 180 degrees, and are emitted. Since it does not have wavelength dependency, the cube corner reflector 13 which an inside comprised by a mirror in the air is effective especially when performing wavelength multiplexing record.

[0086]The cube corner reflector 13 is arranged without a crevice, and the cube-corner-reflector group 12 which arranged the cube corner reflector 13 which was mentioned above to array form is constituted, as shown in drawing 20 and drawing 21.

[0087]When recording a hologram to the hologram recording medium 1 which has the cube-corner-reflector group 12, the reference beam 4 is irradiated in the direction shown in the arrow A18 in drawing 17. Next, the reference beam 4 enters into the hologram recording medium 1, is deflected by an entrance plane, and is reflected in the direction of

the arrow A19 by the cube-corner-reflector group 12.

[0088]When recording a hologram to the hologram recording medium 1 which has the cube-corner-reflector group 12, the object light 5 is irradiated in the direction shown in the arrow A20.

[0089]The hologram recording medium 1 records as a hologram an interference pattern of the reference beam 4 and the object light 5 which entered by an optical path which was mentioned above.

[0090]When reproducing a hologram, the regenerated light 11 is irradiated in the direction shown in the arrow A21 in drawing 18. Next, it enters into the hologram recording medium 1, deviates by an entrance plane, and is reflected in the direction of the arrow A22 by the cube-corner-reflector group 12. The object light 5 produced from the hologram recording medium 1 which has irradiated with the regenerated light 11 is reproduced in the direction shown in the arrow A23.

[0091]Suppose that it is an incidence direction of the object light 5 mentioned above from the direction of a peripheral surface of the hologram recording medium 1 shown in the arrow A24 in drawing 22. In this case, a direction by which the object light 5 is reproduced turns into a direction shown in the arrow A25 in drawing 23. In the reference beam 4, since it is the same as that of a case where it is able to irradiate with the object light 5 from a direction shown in the arrow A20, explanation is omitted. When irradiating [of the hologram recording medium 1 shown in the arrow A24] with the object light 5 from a peripheral surface and it has the hologram recording layer 2 like the 1st example of composition, a field in which the reference beam 4 and the object light 5 interfere must be carried out in this hologram recording layer 2.

[0092]As mentioned above, when the cube-corner-reflector group 12 is used as a reflecting layer, the object light 5 is reproduced in the direction with which the object light 5 was irradiated by irradiating with the regenerated light 11 which is phase conjugation light in the reference beam 4 from a reverse optical path to the reference beam 4 at the time of recording a hologram.

[0093]By the above flows, the hologram recording medium 1 which has a reflecting layer can reproduce the object light 5 which recorded an interference pattern of the reference beam 4 and the object light 5 which were irradiated, and was recorded by the ability to irradiate with the regenerated light 11, and can reproduce an information signal as a hologram.

[0094]In this case, phase conjugation reproduction of a hologram can be performed, using the reference beam 4 reflected as the regenerated light 11 by reflecting layer allocated by the hologram recording medium 1 as a phase conjugation light.

[0095]An optical system for making phase conjugation light to the hologram recording playback equipment side by this becomes unnecessary, and since a position of the object light 5 reproduced becomes the direction with which the object light 5 was always irradiated, enlargement of an equipment configuration can be prevented.

[0096]Since the optical path of the reference beam 4 and the regenerated light 11 is completely the same when the cube-corner-reflector group 12 is used, for the regenerated light 11, an optical system cannot be adjusted but ** can also perform phase conjugation reproduction of a hologram as it is using the reference beam 4. By this, simplification of an equipment configuration is also expectable in hologram recording playback equipment.

[0097]Although a reflecting layer was allocated in the 1st [of the hologram recording medium 1] principal surface side and a case where catoptric light of the reference beam 4 was used as the regenerated light 11 was shown by above-mentioned explanation, it may be made to irradiate with the reference beam 4 as the regenerated light 11 from an opposite hand of the hologram recording medium 1. In this case, although an equipment configuration of hologram recording playback equipment is complicated somewhat, optical path with the another reference beam 4 at the time of recording a hologram can be made, and phase conjugation reproduction can be performed.

[0098]In phase conjugation reproduction of a hologram, since a wave front of the reference beam 4 at the time of record is restored thoroughly, aberration is amended thoroughly. Therefore, as the object light 5 was shown in drawing 15 and drawing 16, drawing 22, and drawing 23, even if it is a case where it is made to glare from the direction of a peripheral surface of the hologram recording medium 1, it can obtain a good reproducing output. Since the original wave front is thoroughly restored at the time of phase conjugation reproduction of a hologram, a peripheral surface of the hologram recording medium 1 can be made into arbitrary shape.

[0099]Here, considering efficiency for light utilization by dispersion, the peripheral surface of the hologram recording medium 1 can make high efficiency for light utilization of the scattered light by being formed with high profile irregularity, although a principle top may be a split face. However, shape may not be limited and may be a surface of discontinuity.

[0100]The hologram recording medium 1 concerning this invention, Since selectivity at the time of a deflection direction of a laser beam changing a lot, and a multiplicity in the case of angle multiplex recording of a hologram going up, and reproducing a hologram can be improved if an angle of gradient of the wedge board 3 is made steep, storage density can be raised. However, if an angle of gradient of the wedge board 3 is enlarged simply, the hologram recording medium 1 will become thick and capacity will increase. In order to avoid this, as shown in drawing 24, a field of the hologram recording medium 1 is divided and each field is good also as the modification wedge board 16 which has inclination to a rotational plane, respectively.

[0101]Since an angle of gradient of the wedge board 3 in each field can be enlarged if it does in this way, a deflecting angle of the reference beam 4 can become large, and a multiplicity in angle multiplex recording can be raised. By this, improvement in storage density is expectable. A bias of mass to a rotational plane of the hologram recording medium 1 can be avoided, and rotational stability will increase. In drawing 24, although illustrated about a case where it has the hologram recording layer 2 like the 1st example of

composition, it may be a case where it does not have the hologram recording layer 2 like the 2nd example of composition. It can apply, also when it has a reflecting layer, as mentioned above.

[0102]Though the hologram recording medium 1 is not provided with the opening 1a in the center, it is good. In this case, since a storage area is securable to a center section, a storage capacity can be increased.

[0103]Next, a hologram is explained about a case where record and/or reproduction are performed, to the hologram recording medium 1 mentioned above about hologram recording playback equipment and a hologram recording regeneration method concerning this invention. Explanation is omitted to a thing equivalent to what was explained in the hologram recording medium 1 mentioned above.

[0104]An example of composition of the hologram recording playback equipment 20 concerning this invention is shown in drawing 25. The hologram recording playback equipment 20 is constituted by the control section 21, the optical system 22, and the drive system 23.

[0105]The control section 21 controls the hologram recording playback equipment 20 whole.

[0106]The optical system 22 is provided with the following.

As shown in drawing 26, it is the laser light source 24.

Spatial modulation machine 25.

Collimating lens 26.

The beam splitter 27, the mirrors 28, 29, and 30, Fourier transformer lenses 31 and 32, and the detector array 33.

[0107]The laser light source 24 has a preferred light source which can output continuously solid state laser, gas laser, a semiconductor laser, and coherent light by those nonlinear wavelength changing. Especially as the laser light source 24, a second harmonic of Nd:YAG laser and Nd:YVO4 laser, and Ar ion laser, When recording a hologram to the hologram recording medium 1 concerning this invention mentioned above, since it is possible to receive easily [sensitivity is high, and / coherence is also excellent and also] to the hologram recording medium 1, it is a suitable laser light source.

[0108]As the laser light source 24, though semiconductor lasers, such as a GaN system, are used, it is good. In this case, in order to narrow a wavelength interval, using DFB (Distributed Feed-Back) structure, an external resonator, etc. is also considered. A laser beam which the laser light source 24 outputs is used as the reference beam 4, the object light 5, and the regenerated light 11.

[0109]The spatial modulation machine 25 gives an information signal as topology of light to an irradiated laser beam, and has a function which generates the object light 5 at the time of recording a hologram on the hologram recording medium 1.

[0110]A transmission type liquid crystal spatial modulation machine etc. which are

commercial liquid crystal panels can be used for this spatial modulation machine 25, using a transmission type. However, as the spatial modulation machine 25, it is not limited to the above-mentioned transmission type liquid crystal spatial modulation machine, and a reflection type spatial modulation machine using micromachine art, etc. can be used.

[0111]The collimating lens 26 makes a parallel beam a laser beam outputted from the laser light source 24, and has a function sent to the beam splitter 27.

[0112]In order to halve a laser beam made into a parallel beam and to make one side into the reference beam 4 with the collimating lens 26, it reflects in the mirror 28, and the beam splitter 27 has a function which penetrates another side and is sent to the mirror 29.

[0113]It is made to irradiate with the mirror 28 to the hologram recording medium 1 by making into the reference beam 4 a laser beam divided by the beam splitter 27.

[0114]The mirror 29 reflects in the mirror 30 a laser beam divided by the beam splitter 27.

[0115]The mirror 30 reflects in the spatial modulation machine 25 a laser beam reflected by the mirror 29.

[0116]Fourier transformer lens 31 carries out the Fourier transform of the laser beam which penetrated the spatial modulation machine 25, and irradiates with it to the hologram recording medium 1.

[0117]Fourier transformer lens 32 carries out the Fourier transform of the object light 5 reproduced from the hologram recording medium 1, and irradiates with it to the detector array 33.

[0118]The detector array 33 is constituted by CCD (Charge-Coupled Device), and detects the reproduced object light 5 as an electrical signal, for example. Although CCD can obtain most easily as the DITITA array 33 now, Since it can create by not a thing limited to especially CCD but low power consumption, and low cost, CMOS (Complementary Metal-oxide Semiconductor Device) etc. which development is following in recent years may be used.

[0119]The drive system 23 has a spindle motor (not shown) which makes the hologram recording medium 1 rotate. The drive system 23 is not limited to a spindle motor, and a stepping motor etc. may be used for it.

[0120]The hologram recording playback equipment 20 concerning this invention constituted as mentioned above records a hologram to the hologram recording medium 1 by operating as follows.

[0121]First, the laser light source 24 has an output of a laser beam adjusted by the control section 21, and irradiates with a laser beam to the collimating lens 26. And the collimating lens 26 makes a laser beam a parallel beam, and irradiates with it to the beam splitter 27.

[0122]The beam splitter 27 reflects a part of irradiated laser beam in the mirror 28, and makes the remaining laser beams penetrate to the mirror 29.

[0123]The hologram recording medium 1 is irradiated with the mirror 28 by making into the reference beam 4 a laser beam reflected by the beam splitter 27.

[0124]On the other hand, the mirror 29 turns to the mirror 30 a laser beam penetrated from

the beam splitter 27, and reflects, and further, the mirror 30 turns to the spatial modulation machine 25 a laser beam reflected by the mirror 29, and reflects it.

[0125]The spatial modulation machine 25 is controlled by the control section 21, displays a recording pattern according to an information signal to record, gives an information signal to a laser beam reflected by the mirror 30 as topology of light, makes it the object light 5, and is penetrated to Fourier transformer lens 31.

[0126]Fourier transformer lens 31 carries out the Fourier transform of the object light 5 to which an information signal was given as topology of light with the spatial modulation machine 25, and irradiates with it to the hologram recording medium 1.

[0127]The hologram recording playback equipment 20 records an interference pattern of the reference beam 4 and the object light 5 on the hologram recording medium 1 as a hologram by the above operations. If record of a hologram of one sheet is completed, the drive system 23 will be controlled by a driving signal from the control section 21, the hologram recording medium 1 will be rotated, for example in the direction of the arrow R1, and the following hologram will be recorded.

[0128]Next, the hologram recording playback equipment 20 reproduces a hologram by the following operations from the hologram recording medium 1 which had a hologram recorded. At the time of reproduction, the hologram recording medium 1 is put on the same position as the time of record, and the reference beam 4 is used as the regenerated light 11.

[0129]First, the laser light source 24 has an output of a laser beam adjusted by the control section 21, and irradiates with a laser beam to the collimating lens 26. And the collimating lens 26 makes a laser beam a parallel beam, and irradiates with it to the beam splitter 27.

[0130]The beam splitter 27 reflects in the mirror 28 a part of laser beam irradiated from the collimating lens 26, and makes the remaining laser beams penetrate to the mirror 29.

[0131]The mirror 28 reflects further a laser beam reflected by the beam splitter 27, and irradiates the hologram recording medium 1 with it as the regenerated light 11.

[0132]On the other hand, a shutter (not shown) interrupts an optical path of a laser beam which penetrated the beam splitter 27.

[0133]Thus, to the hologram recording medium 1, as the regenerated light 11, only the reference beam 4 used at the time of record is irradiated, turns to Fourier transformer lens 33 the object light 5 currently recorded, and is reproduced.

[0134]Fourier transformer lens 32 carries out the Fourier transform of the object light 5 reproduced with the hologram recording medium 1, and carries out image formation of the pattern corresponding to an information signal on the detector array 33. And the detector array 33 can obtain a pattern corresponding to an information signal which carried out image formation as a reproduced information signal. If reproduction of a hologram of one sheet is completed, the drive system 23 will be controlled by a driving signal from the control section 21, the hologram recording medium 1 will be rotated, for example in the direction of the arrow R1, and the following hologram will be reproduced.

[0135]The hologram recording playback equipment 20 reproduces a hologram by the above operations.

[0136]In the hologram recording playback equipment 20, since an optical path of the regenerated light 4 which penetrates the hologram recording medium 1, and the object light 5 will change with rotation of the hologram recording medium 1, A position of the detector array 33 is adjusted with control of the control section 21 to compensate for rotation of the hologram recording medium 1. In this case, for example, a position of the detector array 33 is adjusted using an actuator (not shown) etc.

[0137]**** showed an example as a transmission type Fourier hologram. When recording the Fourier hologram, The spatial modulation machine 25, Fourier transformer lens 31 and Fourier transformer lens 31, the hologram recording medium 1 and the hologram recording medium 1, Fourier transformer lens 32 and Fourier transformer lens 32, and the detector array 33 all Fourier transformer lens 31, It has composition of an optical system called "4F System" arranged at an interval which left only the focal distance F of 32. However, it is preferred to shift the hologram recording medium 1 slightly from the exact Fourier side in the hologram recording medium 1. This is for fully securing a field which takes a large field which irradiates with the object light 5 to the hologram recording medium 1, and records a hologram.

[0138]Naturally it is also possible to combine various techniques generally used with the hologram recording playback equipment 20 and a hologram recording regeneration method concerning this invention. For example, it is also easily possible to have a reflection part in which the hologram recording playback equipment 20 is made to reflect the reference beam 4, and to consider it as a reflection type hologram.

[0139]Then, when reproducing a hologram, a case where the hologram recording playback equipment 20 has a reflection part is explained.

[0140]First, a case where the cube-corner-reflector group 35 which arranged the cube corner reflector 34 or the cube corner reflector 34 to array form is used as a reflection part as shown in drawing 27 is explained. The cube corner reflector 34 or the cube-corner-reflector group 35 can be correctly reflected in the direction which has irradiated with a laser beam irradiated by the cube corner reflector 34 or the cube-corner-reflector group 35.

[0141]What is necessary is to reflect the reference beam 4 which is the plane wave which penetrated the hologram recording medium 1 using the cube corner reflector 34, and just to consider it as phase conjugation light, in order to perform phase conjugation reproduction using the cube corner reflector 34. However, a position of the reference beam 4 shifts in an optical path of going and return. What is necessary is just to make it the reference beam 4 always enter into the approximately abbreviated center of the cube corner reflector 34, in order to avoid this.

[0142]When performing phase conjugation reproduction using the cube-corner-reflector group 35, Since a laser beam into which the laser beam 36 which entered into the six cube corner reflectors 34 located in a center section enters the same optical path as it from a

reverse side even if an optical path of each entering laser beam changes with reflection exists, light flux which advances to an opposite direction on the same wave front after all is acquired. In order that an optical path may shift to reflex time the laser beam 35 which enters into the cube corner reflector 34 of a peripheral part, a portion which cannot contribute to phase conjugation reproduction is also produced, but catoptric light sufficient as a whole is obtained. Therefore, sufficient phase conjugation light can be obtained. Since a record method of a hologram is a record method with high redundancy spatially distributed over a record section of the hologram recording medium 1, it can fully reproduce a hologram using phase conjugation light mentioned above.

[0143]Accuracy of an angle of reflection of the cube corner reflector 34 becomes a problem practically. When it is going to carry out multiplex recording of the hologram by arrangement that lithium niobate which doped iron which is a typical recording material is processed in the shape of a cube, and the object light 5 and the reference beam 4 intersect perpendicularly from an adjacent field, multiplex recording of the hologram is carried out with an angle interval of about 5/1000 degree. For example, angle-of-reflection accuracy of the cube-corner-reflector group 35 by an Edmond scientific company is about 60/1000 degree. In such a case, once it narrows a beam diameter with a parallel beam, using a beam expander conversely, magnification part accuracy can be raised by making it enter into the cube-corner-reflector group 35. For example, if a beam diameter of incident light to the cube-corner-reflector group 35 is set to 1/12, an angle error of a beam of light which went and came back to a beam expander (not shown) after reflection by the cube-corner-reflector group 35, and returned to the hologram recording medium 1 will be 5/1000 degree.

[0144]If such a cube-corner-reflector group 35 is used, even when performing record and/or reproduction of a hologram, rotating the hologram recording medium 1 mentioned above, phase conjugation reproduction can be performed easily.

[0145]About the hologram recording playback equipment 20 which was mentioned above and which has the cube-corner-reflector group 35 as a reflection part, the important section is shown in drawing 28 thru/or drawing 30, and is explained.

[0146]First, a sectional view in an A-A' line of the hologram recording medium 1 in drawing 2 is shown in drawing 28. The reference beam 4 irradiated towards the hologram recording medium 1 enters in the wedge board 3 through an optical path of the arrow G. The reference beam 4 which entered into the wedge board 3 can change a direction of movement by an entrance plane, and reaches the hologram recording layer 2.

[0147]The object light 5 irradiated by the hologram recording medium 1 on the other hand enters in the wedge board 3 through an optical path of arrow G', and reaches the hologram recording layer 2.

[0148]A hologram is recorded by the reference beam 4 and the object light 5 which entered from the above optical paths.

[0149]When reproducing a hologram, the reference beam 4 is used as it is as the

regenerated light 11. The reference beam 4 enters in the wedge board 3 through an optical path of the arrow G. The reference beam 4 which entered into the wedge board 3 can change a direction of movement by an entrance plane, reaches the hologram recording layer 2, and penetrates the hologram recording layer 2. And it is reflected by the cube-corner-reflector group 35, and the reference beam 4 goes back an optical path of the arrow G, and reaches the hologram recording layer 2 again.

[0150]Phase conjugation reproduction is performed by making the reference beam 4 into phase conjugation light as mentioned above.

[0151]Next, the hologram recording medium 1 shows drawing 29 a sectional view in the state where it was made to rotate 90 degrees in the direction of the arrow R1, from a sectional view in a B-B' line of the hologram recording medium 1 in drawing 2, i.e., a sectional view shown in drawing 28. The reference beam 4 irradiated towards the hologram recording medium 1 enters in the wedge board 3 through an optical path of the arrow H. The reference beam 4 which entered into the wedge board 3 can change a direction of movement by an entrance plane, and reaches the hologram recording layer 2.

[0152]The object light 5 irradiated by the hologram recording medium 1 on the other hand enters in the wedge board 3 through an optical path of arrow H', and reaches the hologram recording layer 2.

[0153]A hologram is recorded by the reference beam 4 and the object light 5 which entered from the above optical paths.

[0154]When reproducing a hologram, the reference beam 4 is used as it is as the regenerated light 11. The reference beam 4 enters in the wedge board 3 through an optical path of the arrow H. The reference beam 4 which entered into the wedge board 3 can change a direction of movement by an entrance plane, reaches the hologram recording layer 2, and penetrates the hologram recording layer 2. And it is reflected by the cube-corner-reflector group 35, and the reference beam 4 goes back an optical path of the arrow H, and reaches the hologram recording layer 2 again.

[0155]Phase conjugation reproduction is performed by making the reference beam 4 into phase conjugation light as mentioned above.

[0156]Next, an A'A sectional view of the hologram recording medium 1 in drawing 2, i.e., a sectional view in the state where the hologram recording medium 1 made it rotate 180 degrees in the direction of the arrow R1 from a sectional view shown in drawing 28, is shown in drawing 30. The reference beam 4 irradiated towards the hologram recording medium 1 enters in the wedge board 3 through an optical path of the arrow I. The reference beam 4 which entered into the wedge board 3 can change a direction of movement by an entrance plane, and reaches the hologram recording layer 2.

[0157]The object light 5 irradiated by the hologram recording medium 1 on the other hand enters in the wedge board 3 through an optical path of arrow I', and reaches the hologram recording layer 2.

[0158]A hologram is recorded by the reference beam 4 and the object light 5 which entered

from the above optical paths.

[0159]When reproducing a hologram, the reference beam 4 is used as it is as the regenerated light 11. The reference beam 4 enters in the wedge board 3 through an optical path of the arrow I. The reference beam 4 which entered into the wedge board 3 can change a direction of movement by an entrance plane, reaches the hologram recording layer 2, and penetrates the hologram recording layer 2. And it is reflected by the cube-corner-reflector group 35, and the reference beam 4 goes back an optical path of the arrow I, and reaches the hologram recording layer 2 again.

[0160]Phase conjugation reproduction is performed by making the reference beam 4 into phase conjugation light as mentioned above.

[0161]Next, the hologram recording medium 1 omits explanation from an A'A sectional view in drawing 2, i.e., a sectional view shown in drawing 28, in the state where it was made to rotate 270 degrees, for drawing 29 and an abbreviated EQC in the direction of the arrow R1.

[0162]As mentioned above, the hologram recording playback equipment 20 which has the cube-corner-reflector group 35 can change a direction of movement of the reference beam 4 with which the hologram recording medium 1 is irradiated, and the object light 5 with the wedge board 3 by rotating the hologram recording medium 1. And the following information signal is recorded as topology of light in a place which only sufficient angle rotated until a Bragg condition of a hologram recorded before was no longer fulfilled. If it irradiates with the reference beam 4 as the regenerated light 11 to the hologram recording medium 1 at the time of reproduction, the object light 5 recorded to the optical storage medium 1 will be reproduced, image formation of the pattern corresponding to an information signal will be carried out to the detector array 33, and the hologram recording playback equipment 20 will acquire a reproduced information signal.

[0163]As mentioned above, in the hologram recording playback equipment 20 and a hologram recording regeneration method concerning this invention, a reproduction direction of the object light 5 reproduced from the hologram recording medium 1 is fixable by using the cube-corner-reflector group 35 as a reflection part. For this reason, an actuator in hologram recording playback equipment becomes unnecessary, an equipment configuration can be simplified and reproduction of a more practical hologram is attained.

[0164]An example of composition of the hologram recording playback equipment 20 is shown in drawing 31 about a case where the hologram recording playback equipment 20 has the cube-corner-reflector group 35 as a reflection part. By using cube-corner-reflector group 35, it is reflected by the cube-corner-reflector group 35 by the same optical path as a time of the reference beam 4 entering to the hologram recording medium 1, and it is possible to carry out phase conjugation reproduction simply.

[0165]It is good, though the hologram recording playback equipment 20 has the flat mirror 38 as a reflection part as shown in drawing 32. In this case, although phase conjugation reproduction of a hologram can be performed, in order to have to change the degree of

incidence angle of the reference beam 4 to the hologram recording medium 1 according to a slope direction of the wedge board 3, the deviation techniques, such as a beam deflector, are needed.

[0166] Since a direction of movement of the reference beam 4 penetrated with the wedge board 3 and the object light 5 will change if a transmission type hologram is reproduced as mentioned above, a position of the detector array 33 must be moved. However, if phase conjugation reproduction using the cube-corner-reflector group 12 as shown in drawing 28 is performed, the regenerated light 11 can use the same reference beam 4 as the time of record, and can reproduce the object light 5 by non-aberration correctly in the same direction as the object light 5 which entered to the hologram recording medium 1.

[0167] the hologram recording medium 1 applied to this invention without using the deviation techniques, such as a beam deflector, for the hologram recording playback equipment 20 and a hologram recording regeneration method which start this invention as mentioned above -- a hologram -- multiplex recording -- and /reproduction of can be done. When reproducing a hologram, phase conjugation reproduction of a hologram can be performed using the cube-corner-reflector group 12. In this case, not using the angle deviation techniques, such as a beam deflector, ** can also carry out angle multiplex recording and /reproduction only by adding the cube-corner-reflector group 12, and it can not only become space-saving, but an equipment configuration of the hologram recording playback equipment 20 is easy, and it can remove aberration of an optical system.

[0168] Although it is required in the hologram recording playback equipment 20 and a hologram recording regeneration method concerning this invention to use a parallel beam as a laser beam, since diffraction produces light which spreads space, a wave front of a laser beam is not a plane wave strictly in many cases. Intensity of a laser beam is a Gaussian beam which usually takes Gaussian distribution in many cases. This Gaussian beam has curvature with a very small wave front in a position of a beam waist before and behind [of what is a plane wave] that. Therefore, phase mismatching arises at the time of reproduction of a hologram, and diffraction efficiency falls. What is necessary is just to install the cube corner reflector 34 or the cube-corner-reflector group 35 in a position of a beam waist of the reference beam 4 which is a plane wave, in order to reduce this influence. Since a wave front is amended by symmetry before and behind reflection by the cube corner reflector 34 or the cube-corner-reflector group 35 at this time, influence of diffraction mentioned above can also be suppressed to the minimum.

[0169] Thus, decline in diffraction efficiency by phase mismatching is avoidable by allocating cube-corner-reflector 34 or cube-corner-reflector 35 group in a beam waist position of a reference beam. Although this is the thing same as theoretically as general thing angle multiplex recording, the feature of a hologram recording regeneration method concerning this invention is in a place which substitutes for the technique of deflecting a laser beam in angle multiplex recording by rotation of a wedge-shaped substrate.

[0170] The hologram recording playback equipment 20 and a hologram recording

regeneration method concerning this invention, A plane wave can be applied to a multiplex recording method of arbitrary holograms made into the reference beam 4, and a multiplex recording method of a hologram by wavelength multiplexing record, peri SUTORO Fick multiplex recording, fractal multiplex recording, or such combination can be applied. For example, wavelength multiplexing record is combinable by using a strange laser light source with good wavelength, using a laser light source two or more. Adding the beam deflection technique of a radius vector direction to an example of composition of the hologram recording playback equipment 20 concerning this invention further, and performing peri SUTORO Fick multiplex recording of a still higher multiplicity is also considered. By being independent, or combining a multiplex recording method of a hologram mentioned above, and applying it, a multiplicity at the time of recording a hologram can go up, and storage density can be raised.

[0171]In shift multiplex recording, although convergence light or sending light is used as a reference beam to a plane hologram recording medium, The hologram recording medium 1 has the 1st parallel principal surface and the 2nd principal surface that has inclination to this 1st principal surface to a rotational plane to this, and this case has the feature in a point using a parallel beam as the reference beam 4. This resembles peri SUTORO Fick multiplex recording which is a kind of angle multiplex recording, and by a method by this invention, with rotation, since a recording position shifts, multiplex [spatial] has the feature of this invention in a point which will be performed simultaneously.

[0172]Control of an optical axis direction of a focusing position at the time of the angle deviation techniques, such as a galvanomirror, AOD, EOD, becoming unnecessary, and carrying out shift multiplex recording of a hologram by this, also becomes unnecessary. Therefore, an equipment configuration of the hologram recording playback equipment 20 can be simplified.

[0173]The hologram recording playback equipment 20 concerning this invention may be arrangement of the optical system 22 which irradiates [of the hologram recording medium 1] with the object light 5 from a peripheral surface. It is also possible to consider it as a volume type hologram by this, using a record section of the hologram recording medium 1 in three dimensions. The 2nd example of composition of the hologram recording medium 1 is preferred in this case.

[0174]As a method for producing and cheating out of the reference beam 4 for performing phase conjugation reproduction, and a phase conjugation laser beam, though 4 light-wave mixing is used, it is good. In this case, it is possible to generate phase conjugation light which the entering reference beam 4 reversed correctly.

[0175]The hologram recording medium 1, the hologram recording playback equipment 20, and a hologram recording regeneration method concerning this invention, Optical computing, such as a hologram memory, a three-dimensional display, optical interconnection, a correlation operation machine, and a novelty filter, etc. are various, and can be applied.

[0176]

[Effect of the Invention]The hologram recording medium concerning this invention by having the 1st parallel principal surface and the 2nd principal surface that has inclination to this 1st principal surface to a rotational plane, The incidence angle over the hologram recording medium of a reference beam and/or object light can be changed by rotating a hologram recording medium, and multiplex recording of the hologram can be carried out.

[0177]Since the degree of incidence angle of a reference beam can be changed only by rotating a hologram recording medium, the equipment configuration of hologram recording playback equipment can be simplified, and low cost-ization can be attained.

[0178]When reflecting a reference beam, phase conjugation reproduction can be performed with the easy composition which adds only one cube-corner-reflector group which arranged the cube corner reflector or the cube corner reflector to array form.

[0179]Since the aberration generated in the optical system is amended thoroughly by this, it is not necessary to use the expensive and large-sized lens with which aberration was amended highly, an equipment configuration can be simplified, and a cheaply quality reconstruction image is acquired.

[0180]In the hologram recording playback equipment and the hologram recording regeneration method concerning this invention. By using the hologram recording medium concerning this invention, the incidence angle over the hologram recording medium of a reference beam and/or object light can be changed by rotating a hologram recording medium, and multiplex recording of the hologram can be carried out.

[0181]Since the degree of incidence angle of a reference beam can be changed only by rotating a hologram recording medium, the equipment configuration of hologram recording playback equipment can be simplified, and low cost-ization can be attained.

[0182]The reproduction direction of the object light reproduced from a hologram recording medium is fixable by rotation of a hologram recording medium by using a cube-corner-reflector group. For this reason, the equipment configuration in hologram recording playback equipment can be simplified, and reproduction of a more practical hologram is attained.

[0183]As mentioned above, since the part mark of hologram recording playback equipment are reducible by using this invention, a miniaturization, small-area-izing, and low-cost-izing are possible.

[Translation done.]

***NOTICES ***

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.**** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

DESCRIPTION OF DRAWINGS

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] It is an outline perspective view showing the example of 1 composition in case a reference beam and object light enter in the hologram recording medium which has a hologram recording layer concerning this invention.

[Drawing 2] It is an outline perspective view of a hologram recording medium which has a hologram recording layer concerning this invention.

[Drawing 3] It is the outline vertical cross section showing an optical path in case a reference beam and object light enter to the hologram recording medium which has a hologram recording layer concerning this invention.

[Drawing 4] It is the outline vertical cross section showing an optical path in case a reference beam and object light enter to the hologram recording medium which has a hologram recording layer concerning this invention.

[Drawing 5] It is the outline vertical cross section showing an optical path in case a reference beam and object light enter to the hologram recording medium which has a hologram recording layer concerning this invention.

[Drawing 6] It is the outline vertical cross section in case a reference beam enters to the wedge board which the hologram recording medium concerning this invention has.

[Drawing 7] It is an outline perspective view of the wedge board which the hologram recording medium concerning this invention has.

[Drawing 8] It is the outline vertical cross section in case a reference beam enters to the wedge board which the hologram recording medium concerning this invention has.

[Drawing 9] It is a graph which shows change of the deflection angle of the reference beam by rotation of the wedge board which the hologram recording medium concerning this invention has.

[Drawing 10] It is a schematic diagram showing an example of the track structure of the hologram recording medium concerning this invention.

[Drawing 11] It is a schematic diagram showing an example of the track structure of the hologram recording medium concerning this invention.

[Drawing 12] It is an outline perspective view showing an example in case a reference beam and object light enter to the hologram recording medium concerning this invention.

[Drawing 13] It is an outline perspective view showing an optical path in case a reference beam and object light enter to the hologram recording medium which has a reflecting layer concerning this invention.

[Drawing 14] It is an outline perspective view showing an optical path in case regenerated light is entered to the hologram recording medium which has a reflecting layer concerning this invention and object light is reproduced.

[Drawing 15] It is an outline perspective view showing an optical path in case a reference beam and object light enter to the hologram recording medium which has a reflecting layer concerning this invention.

[Drawing 16] It is an outline perspective view showing an optical path in case regenerated light is entered to the hologram recording medium which has a reflecting layer concerning this invention and object light is reproduced.

[Drawing 17] It is an outline perspective view showing an optical path in case a reference beam and object light enter to the hologram recording medium which has a cube-corner-reflector group concerning this invention.

[Drawing 18] It is an outline perspective view showing an optical path in case regenerated light is entered to the hologram recording medium which has a cube-corner-reflector group concerning this invention and object light is reproduced.

[Drawing 19] It is a schematic diagram showing signs that the laser beam which entered to the cube corner reflector used in this invention reflects.

[Drawing 20] It is a schematic diagram of a cube-corner-reflector group used in this invention.

[Drawing 21] It is a schematic diagram showing signs that the laser beam which entered to the cube-corner-reflector group used in this invention reflects.

[Drawing 22] It is an outline perspective view showing an optical path in case a reference beam and object light enter to the hologram recording medium which has a cube-corner-reflector group concerning this invention.

[Drawing 23] It is an outline perspective view showing an optical path in case regenerated light is entered to the hologram recording medium which has a cube-corner-reflector group concerning this invention and object light is reproduced.

[Drawing 24] It is an outline perspective view showing the modification of the hologram recording medium concerning this invention.

[Drawing 25] It is a block diagram showing the composition of the hologram recording playback equipment concerning this invention.

[Drawing 26] It is a schematic diagram showing the example of 1 composition of the hologram recording playback equipment concerning this invention.

[Drawing 27] It is a schematic diagram of the cube-corner-reflector group which the hologram recording playback equipment concerning this invention has.

[Drawing 28] It is the outline vertical cross section showing an optical path in case the hologram recording playback equipment which has a cube-corner-reflector group concerning this invention irradiates with a reference beam and object light to the hologram recording medium which has a hologram recording layer.

[Drawing 29] It is the outline vertical cross section showing an optical path in case the hologram recording playback equipment which has a cube-corner-reflector group concerning this invention irradiates with a reference beam and object light to the hologram recording medium which has a hologram recording layer.

[Drawing 30] It is the outline vertical cross section showing an optical path in case the hologram recording playback equipment which has a cube-corner-reflector group concerning this invention irradiates with a reference beam and object light to the hologram recording medium which has a hologram recording layer.

[Drawing 31] It is a schematic diagram showing the example of 1 composition of the hologram recording playback equipment which has a cube-corner-reflector group concerning this invention.

[Drawing 32] It is a schematic diagram showing the example of 1 composition of the hologram recording playback equipment which has a mirror concerning this invention.

[Drawing 33] It is an outline perspective view showing the case where peri SUTORO Fick multiplex recording of a hologram is performed to the conventional hologram recording medium.

[Description of Notations]

1 A hologram recording medium, 2 hologram recording layers, and 3 A wedge board and 4 A reference beam and 5 Object light

[Translation done.]

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2002-170247

(P2002-170247A)

(43)公開日 平成14年6月14日(2002.6.14)

(51)Int.Cl.⁷

識別記号

F I

テ-マコ-ト*(参考)

G 1 1 B 7/0065

G 1 1 B 7/0065

2 H 0 4 2

G 0 2 B 5/122

G 0 2 B 5/122

2 K 0 0 8

G 0 3 H 1/02

G 0 3 H 1/02

5 D 0 9 0

1/28

1/28

審査請求 未請求 請求項の数14 O L (全 20 頁)

(21)出願番号

特願2000-360262(P2000-360262)

(22)出願日

平成12年11月27日(2000.11.27)

(71)出願人 000002185

ソニー株式会社

東京都品川区北品川6丁目7番35号

(72)発明者 菅沼 洋

東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニ
ー株式会社内

(74)代理人 100067736

弁理士 小池 晃 (外2名)

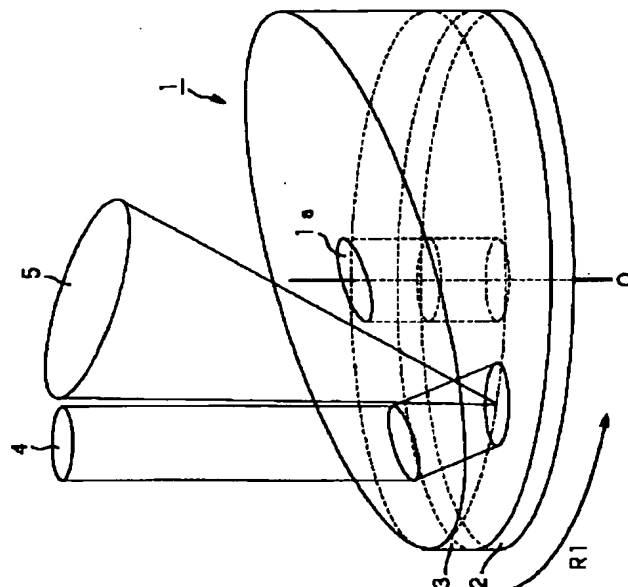
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 ホログラム記録媒体、ホログラム記録再生装置並びにホログラム記録再生方法

(57)【要約】

【課題】 ホログラムの多重記録を容易に行う。

【解決手段】 ホログラム記録媒体1に、ホログラムを記録するホログラム記録層と、入射する参照光4及び物体光5の進行方向を変化させるためのウェッジ基板を設ける。そして、ホログラム記録層及びウェッジ基板を有するホログラム記録媒体1を回転させることによって、参照光4及び物体光5の進行方向を変化させ、ホログラムの角度多重記録を行う。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 回転しながら参照光及び物体光を照射されることによって、情報信号が光の位相情報として記録されるホログラム記録媒体において、

回転平面に対して平行な第 1 の主面と、この第 1 の主面に対して傾きを有する第 2 の主面とを有し、

上記参照光及び物体光のうち少なくとも一方は上記第 2 の主面から照射され、照射された上記参照光及び物体光の少なくとも一部を透過させることができる透光性を有することを特徴とするホログラム記録媒体。

【請求項 2】 上記回転平面に対して平行な上記第 1 の主面と、この第 1 の主面に対して傾きを有する上記第 2 の主面とを有し、上記参照光及び物体光のうち少なくとも一方は上記第 2 の主面から照射され、照射された上記参照光及び物体光の少なくとも一部を透過させることができる透光性を有する基板と、

上記回転平面に対して平行に配設され、情報信号を光の位相情報として記録及び／又は再生する記録層とを備え、

上記記録層は、有機感光材料によって構成されてなることを特徴とする請求項 1 記載のホログラム記録媒体。

【請求項 3】 金属をドーパしたフォトリフラクティブ結晶によって形成されてなることを特徴とする請求項 1 記載のホログラム記録媒体。

【請求項 4】 上記金属は、Fe、Ce、Pr、又は Fe と Mn との合金であることを特徴とする請求項 3 記載のホログラム記録媒体。

【請求項 5】 上記フォトリフラクティブ結晶は、LiNbO₃、又は LiTaO₃ であることを特徴とする請求項 3 記載のホログラム記録媒体。

【請求項 6】 照射された上記参照光及び物体光を反射する反射層を、上記参照光及び物体光が照射される上記第 2 の主面に対して反対側の上記第 1 の主面側に配設することを特徴とする請求項 1 記載のホログラム記録媒体。

【請求項 7】 上記反射層は、コーナーキューブをアレイ状に配列したコーナーキューブ群であることを特徴とする請求項 6 記載のホログラム記録媒体。

【請求項 8】 ホログラム記録媒体に対して参照光及び物体光を照射することにより情報信号を光の位相情報として記録及び／又は再生を行うホログラム記録再生装置において、

上記ホログラム記録媒体を回転させるための駆動系と、上記参照光及び物体光を出力する光源を有し、回転平面に対して平行な第 1 の主面と上記第 1 の主面に対して傾きを有する第 2 の主面とを有し上記参照光及び物体光のうち少なくとも一方は上記第 2 の主面から照射され照射された上記参照光及び物体光の少なくとも一部を透過させることができる透光性を有するホログラム記録媒体に対して、上記参照光及び物体光を照射する光学系と、

上記駆動系及び上記光学系の制御を行う制御部とを有することを特徴とするホログラム記録再生装置。

【請求項 9】 上記光学系は、照射された上記参照光を反射する反射部を備え、

上記ホログラム記録媒体を一度透過した上記参照光を、上記反射部を用いて位相共役光として上記ホログラム記録媒体へ反射し、情報信号を光の位相情報として再生を行うことを特徴とする請求項 8 記載のホログラム記録再生装置。

10 【請求項 10】 上記反射部は、コーナーキューブ又はコーナーキューブをアレイ状に配列したコーナーキューブ群であることを特徴とする請求項 9 記載のホログラム記録再生装置。

【請求項 11】 ホログラム記録媒体に対して参照光及び物体光を照射することにより情報信号を光の位相情報として記録及び／又は再生を行うホログラム記録再生方法において、

回転平面に対して平行な第 1 の主面と第 1 の主面に対して傾きを有する第 2 の主面とを有し上記参照光及び物体光のうち少なくとも一方は上記第 2 の主面から照射され照射された上記参照光及び物体光の少なくとも一部を透過させることができる透光性を有するホログラム記録媒体を回転させ、上記参照光及び物体光を用いて上記ホログラム記録媒体に対して情報信号を光の位相情報として記録及び／又は再生を行うことを特徴とするホログラム記録再生方法。

20 【請求項 12】 上記ホログラム記録媒体を一度透過した上記参照光を、ミラーを用いて反射させ、同一の光路を逆行させて位相共役光として上記ホログラム記録媒体に照射し、情報信号を光の位相情報として再生を行うことを特徴とする請求項 11 記載のホログラム記録再生方法。

30 【請求項 13】 上記ホログラム記録媒体を一度透過した上記参照光を、コーナーキューブ又はコーナーキューブをアレイ状に配列したコーナーキューブ群を用いて反射させ、同一の光路を逆行させて位相共役光として上記ホログラム記録媒体に照射し、情報信号を光の位相情報として再生を行うことを特徴とする請求項 11 記載のホログラム記録再生方法。

40 【請求項 14】 上記コーナーキューブ又は上記コーナーキューブ群を、上記ホログラム記録媒体を一度透過した上記参照光のビームウエストに配設することを特徴とする請求項 13 記載のホログラム記録再生方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 情報信号を光の位相情報として記録するホログラム記録媒体と、情報信号を光の位相情報として記録再生するホログラム記録再生装置及びホログラム記録再生方法とに関する。

【0002】

【従来の技術】従来のホログラム記録媒体は、フィルム形状やディスク形状等をしており、互いにコヒーレントなレーザ光である参照光及び物体光を照射されることによって、記録対象となる情報信号を参照光と物体光との干渉パターン、すなわち参照光及び物体光の位相情報として記録する。ここで、物体光は、情報信号を光の位相情報として与えられており、物体から反射したレーザ光や、空間変調器によって変調されたレーザ光である。また、ホログラム記録媒体は、参照光又は参照光と位相共役な光である、再生光を照射されることによってホログラムを再生する。

【0003】ディスク形状のホログラム記録媒体を用いたホログラム記録再生装置については、多くの報告がある。例えば、米国特許USP 5671073では、参照光として球面波を用いて、ディスク形状のホログラム記録媒体の回転によりホログラムを多重記録する方法（以下ではシフト多重記録と呼ぶ。）が提案されている。

【0004】また、最近では、結晶をディスク形状に加工したホログラム記録媒体の例も発表されている（Tao Shiquan et al. "Multi-track storage of 10,000 holograms in a disk-type photorefractive crystal," SPIE Vol. 3864, pp. 270(1999)）。

【0005】従来のホログラム記録媒体にホログラムを記録する方法としては、参照光及び／又は物体光のホログラム記録媒体に対する入射角の変化によってホログラムを多重記録する方法（以下では角度多重記録と呼ぶ。）がある。

【0006】角度多重記録を行うためには、ビームデフレクタ等を用いて参照光及び／又は物体光のホログラム記録媒体に対する入射角を変化させなければならない。

【0007】ホログラム記録媒体に対して角度多重記録を行うために、参照光及び／又は物体光の入射角を変化させる方法としては、以下に述べるビームデフレクタを用いた手法がある。

【0008】ビームデフレクタを用いた場合に、参照光及び／又は物体光のホログラム記録媒体に対する入射角を変化させる方法としては、ガルバノミラー等を使用して機械的に制御する手法や、音響光学偏向器（以下ではAODと呼ぶ。）や電気光学偏向器（以下ではEODと呼ぶ。）等を使用して電氣的に制御する手法を利用して

【0009】ここで、これらのビームデフレクタの分解点数Nは、ビームデフレクタのアパーチャの幅をD、アパーチャの形状ファクタをa（円形は1.22であり、長方形は1である。）、ホログラム記録媒体に照射された参照光及び／又は物体光の波長をλ、参照光及び／又は物体光の角度振幅をφとして、以下の式1で得られる。

【0010】

【数1】

$$N = \frac{\phi D}{a \lambda} \quad (式1)$$

【0011】従って、上記式1から、大きなアパーチャの幅Dを持ち、参照光及び／又は物体光の角度振幅φが大きいほど、分解点数Nが多くなることがわかる。なお、ラグランジェ・ヘルムホルツの関係より、各面での参照光及び／又は物体光の入射高と入射角との積は一定となるので、ビームデフレクタの前後にビーム整形光学系を配設しても、この分解点数は不変である。

【0012】また、ホログラム記録媒体に対して照射される参照光及び／又は物体光の入射角を変化させる他の方法としては、ウェッジ形状のプリズムによるビーム偏向方法がある。参照光及び／又は物体光の進行方向を微小な量だけ変化させるために、ウェッジ形状のプリズムを回転させることで、微小な角度を調整できることが知られている。これにより、任意の方向に参照光及び／又は物体光を偏向させることができる。そして、ウェッジ形状のプリズムの頂角を小さくすれば、回転に対する偏向角を小さくすることができるので、参照光及び／又は物体光の進行方向の微小な角度の調整に有効な方法である。

【0013】また、最近では、新たなホログラムの多重記録方法が提案されており、その一例として、以下で詳細を述べるペリストロフィック多重記録と呼ばれる方法がある（Kevin Curtis et al. "Method for holographic storage using peristrophic multiplexing," 19, Opt. Lett. 993 (1994), A. Pu et al. "High density holographic storage in thin film," SPIE Vol. 2338, Optical Data Storage (1994), 69)。

【0014】ペリストロフィック多重記録は、図33に示すように、ディスク形状とされたホログラム記録媒体40の一部を頂点とする円錐面に沿って、参照光41を矢印R2の方向に回転させることによりホログラムの多重記録を実現する方法である。

【0015】また、ペリストロフィック多重記録は、参照光41のホログラム記録媒体40に対する入射角を矢印R3の方向に変化させることによって、上述したホログラムの角度多重記録方法を動径方向に併用し、さらに多重度を上げることもできる。

【0016】ここで、ペリストロフィック多重記録の場合に、ブラッグ角をdθとして、このdθは、λを波長、tをホログラム記録媒体40の厚み、θ_Rをホログラム記録媒体40への参照光41の入射角、θ_Sをホログラム記録媒体40への物体光42の入射角とすれば、以下の式2で与えられる。

【0017】

【数2】

$$d\theta = \sqrt{\frac{2\lambda}{t} \frac{\cos \theta_s}{\sin \theta_R (\sin \theta_R + \sin \theta_s)}} \quad (式2)$$

【0018】なお、通常のホログラムの角度多重記録方法の場合に、ブラッグ角 $d\theta$ は、ホログラム記録媒体 40 の屈折率を n とし、以下の式 3 で与えられる。

【0019】

【数 3】

$$d\theta' = \frac{\lambda \cdot \cos \theta_s}{n \cdot t \cdot \sin(\theta_R + \theta_s)} \quad (式3)$$

【0020】次に、従来のホログラム記録媒体を用いてホログラムを再生する方法としては、再生光として参照光と同じ位相で進行方向が逆である位相共役光を用いて、位相共役再生を行う方法がある。位相共役再生を行うために位相共役光を生じせしめるための方法としては、照射された参照光をビームスプリッタで分割し、ホログラムを記録するための参照光とは別の光路を作る方法がある。

【0021】

【発明が解決しようとする課題】しかし、上述した従来のホログラム記録媒体を用いてホログラムを記録及び／又は再生する場合に、ビームデフレクタである AOD 及び EOD を用いた手法の分解点数 N は、それぞれ 1000 点及び数 10 点程度である。これらの分解点数で多重度を増やすには限界がある。しかも、クロストークノイズを排しつつ記録密度を最大にするには、参照光及び／又は物体光の偏向角度を 1000 分の数度程度の精度で制御しなければならないといった問題があった。

【0022】また、ビームデフレクタであるガルバノミラー等を用いて機械的に制御する手法の場合は、バックラッシュなどの再現性や分解能精度や外乱に対する安定性が悪くなるといった問題があった。

【0023】ペリストロフィック多重記録をする場合においては、参照光を偏向させる装置が、複雑で大掛かりになるという問題があった。

【0024】位相共役再生を行う方法において、再生光を生じさせる為に別の光路を作るので光学系が大型化する上に、ホログラムの角度多重記録を行う場合には参照光のビームデフレクタをそれぞれの光路について用意しなければならないといった問題があった。

【0025】そこで、本発明は、上述した実情を鑑みて提案されるものであり、ホログラム記録媒体に対して入射させる参照光及び物体光の偏向角度をより高精度に制御することを可能とし、記録するホログラムの多重度を向上させ、ホログラム記録媒体の記録容量を向上させることを目的とする。

【0026】

【課題を解決するための手段】上述した課題を解決するために本発明にかかるホログラム記録媒体は、回転しな

がら参照光及び物体光を照射されることによって、情報信号が光の位相情報として記録されるホログラム記録媒体である。また、回転平面に対して平行な第 1 の主面とこの第 1 の主面に対して傾きを有する第 2 の主面とを有し、参照光及び物体光のうち少なくとも一方は第 2 の主面から照射され、照射された参照光及び物体光の少なくとも一部を透過させることができる透光性を有することを特徴とする。

【0027】上述したように構成された本発明に係るホログラム記録媒体は、回転することにより照射された参照光をホログラム記録媒体によって偏向させて、情報信号を参照光及び物体光の位相情報として角度多重記録することができ、記録密度を向上させることができる。

【0028】また、本発明に係るホログラム記録再生装置は、ホログラム記録媒体に対して参照光及び物体光を照射することにより情報信号を光の位相情報として記録及び／又は再生を行うホログラム記録再生装置である。また、ホログラム記録媒体を回転させるための駆動系と、参照光及び物体光を出力する光源を有し回転平面に対して平行な第 1 の主面と第 1 の主面に対して傾きを有する第 2 の主面とを有し参照光及び物体光のうち少なくとも一方は第 2 の主面から照射され照射された参照光及び物体光の少なくとも一部を透過させることができる透光性を有するホログラム記録媒体に対して参照光及び物体光を照射する光学系と、駆動系及び光学系の制御を行う制御部とを有することを特徴とする。

【0029】そして、本発明に係るホログラム記録再生方法は、ホログラム記録媒体に対して参照光及び物体光を照射することにより情報信号を光の位相情報として記録及び／又は再生を行うホログラム記録再生方法である。また、回転平面に対して平行な第 1 の主面と第 1 の主面に対して傾きを有する第 2 の主面とを有し、参照光及び物体光のうち少なくとも一方は第 2 の主面から照射され、照射された参照光及び物体光の少なくとも一部を透過させることができる透光性を有するホログラム記録媒体を回転させ、参照光及び物体光を用いて上記ホログラム記録媒体に対して情報信号を光の位相情報として記録及び／又は再生を行うことを特徴とする。

【0030】上述したように構成される本発明に係るホログラム記録再生装置及びホログラム記録再生方法では、上述した本発明に係るホログラム記録媒体に対して、参照光及び物体光を照射して情報信号を光の位相情報として記録及び／又は再生することができる。そして、情報信号を光の位相情報として角度多重記録を行う際に、参照光を偏向させる角度の制御の精度を上げることができ、記録密度を向上させることができる。

【0031】

【発明の実施の形態】本発明に係るホログラム記録媒体を、略ディスク形状のホログラム記録媒体に適用した場合について、図面を用いて詳細に説明する。

【0032】このホログラム記録媒体には、本発明に係るホログラム記録再生装置及びホログラム記録再生方法を用いて、ホログラムの記録及び／又は再生が行われる。なお、以下では、ホログラム記録再生装置及びホログラム記録再生方法についても併せて説明する。

【0033】本発明に係るホログラム記録媒体は、以下に第1の構成例及び第2の構成例として具体的に示す。

【0034】まず、第1の構成例としてホログラム記録媒体1は、図1に示すように、全体として中央に開口部1aを有する略ディスク形状とされており、ホログラム記録層2と、ウェッジ基板3とにより構成される。また、ホログラム記録媒体1は、記録再生時に、軸Oを中心として例えば矢印R1の方向へ回転される。ホログラム記録媒体1は、ホログラム記録媒体1の回転平面に対して平行な第1の主面と、この第1の主面に対して傾きを有する第2の主面とを有している。

【0035】ホログラム記録層2は、ホログラム記録媒体1に、ホログラム記録媒体1の回転平面に対して平行な第1の主面側に配設されている。また、ホログラム記録層2は、互いにコヒーレントなレーザ光である参照光4及び物体光5を照射されることにより、記録対象となる情報信号を参照光4と物体光5との干渉パターンとして記録する。この干渉パターンには、照射された参照光4及び物体光5の位相情報が含まれている。

【0036】ホログラム記録層2を構成する材料としては、ホログラムを記録することができるあらゆる材料を用いることができるが、例えば、フォトリソグラフィや液晶等の有機記録材料を用いることが好ましい。

【0037】ウェッジ基板3は、ホログラム記録媒体1の回転平面に対して平行な第1の主面と、この第1の主面に対して傾きを有する第2の主面とを有している。第1の主面が底面となりホログラム記録層2と当接するように配設される。また、ウェッジ基板3は、第2の主面が第1の主面に対して傾斜しているのでプリズムとしての機能を有し、照射された参照光4を透過させ、また屈折させることによって偏向させる。

【0038】ウェッジ基板3を構成する材料としては、参照光4及び物体光5を透過させることができればよい。

【0039】参照光4及び物体光5は、互いにコヒーレントなレーザ光であり、後述するホログラム記録再生装置に備わるレーザ光源（図示せず）からホログラム記録媒体1に照射されホログラムを記録する。物体光5は、記録対象となる情報信号を光の位相情報として含んでいる。

【0040】上述したように構成された、ホログラム記録媒体1は、回転軸Oを中心として例えば、矢印R1方向に回転される。この際に開口部1aが、例えば、ホログラム記録装置によってチャッキングされる。ホログラム記録媒体1が回転する際に、ウェッジ基板3がプリズ

ムとしての機能を有するために、ウェッジ基板3のプリズムとしての頂角の方向が回転することになる。これにより、レーザ光源からホログラム記録媒体1に対して照射された参照光4がウェッジ基板3内へ入射する際の入射角が変化するために、参照光4は、ウェッジ基板3内で偏向する。

【0041】ここで、ホログラム記録媒体1の回転に伴って、上述した参照光4が偏向する様子を、図2乃至図5に断面図として示す。

【0042】まず、図2中のA-A'線における断面図を図3に示す。ホログラム記録媒体1に向けて照射された参照光4は、矢印Cの光路を通りウェッジ基板3内に入射する。ウェッジ基板3内に入射した参照光4は、ウェッジ基板3の入射面で偏向してホログラム記録層2に到達する。

【0043】一方、ホログラム記録媒体1に照射された物体光5は、矢印C'の光路を通りウェッジ基板3内に入射し、ホログラム記録層2に到達する。

【0044】次に、図2中のB-B'線における断面図、すなわち図3の断面図から参照光4を照射させる位置を固定してホログラム記録媒体1を矢印R1の方向へ90度回転させた状態の断面図を図4に示す。ホログラム記録媒体1に向けて照射された参照光4は、矢印Dの光路を通りウェッジ基板3内に入射する。ウェッジ基板3内に入射した参照光4は、ウェッジ基板3の入射面で偏向してホログラム記録層2に到達する。

【0045】一方、ホログラム記録媒体1に照射された物体光5は、矢印D'の光路を通りウェッジ基板3内に入射し、ホログラム記録層2に到達する。

【0046】次に、図2中のA'-A線における断面図、すなわち図3の断面図から参照光4を照射させる位置を固定してホログラム記録媒体1を矢印R1の方向へ180度回転させた状態の断面図を図5に示す。ホログラム記録媒体1に向けて照射された参照光4は、矢印Eの光路を通りウェッジ基板3内に入射する。ウェッジ基板3内に入射した参照光4は、ウェッジ基板3の入射面で偏向してホログラム記録層2に到達する。

【0047】一方、ホログラム記録媒体1に照射された物体光5は、矢印E'の光路を通りウェッジ基板3内に入射し、ホログラム記録層2に到達する。

【0048】次に、図2中のA'-A線における断面図、すなわち図3の断面図から参照光4を照射させる位置を固定してホログラム記録媒体1を矢印R1の方向へ270度回転させた状態においては、図4と略同等の為に説明を省略する。

【0049】以上のように、ホログラム記録媒体1が回転することで、ホログラム記録媒体1に照射した参照光4の進行方向をウェッジ基板3の入射面で偏向させることができる。そして、前に記録したホログラムのブラッグ条件が満たされなくなるまで十分な角度だけ回転した

ところで、次の情報信号をホログラムとして記録する。再生時には、ホログラム記録媒体1に対して再生光（図示せず）を照射させれば、記録した物体光5が再生され、情報信号がホログラムとして再生される。

【0050】なお、再生光としては、参照光4又は参照光4と位相共役なレーザ光である位相共役光を用いることができる。この再生光は、後述するホログラム記録再生装置のレーザ光源から出力される。

【0051】ここで、ウエッジ基板3のプリズムの頂角とホログラム記録媒体1内での偏向の角度の関係を、図6乃至図8に示す。参照光4をホログラム記録媒体1の底面に対して垂直に入射するものとして、ウエッジ基板3の頂角を α 、ウエッジ基板3内での参照光4の偏向方向とホログラム記録媒体1の第2の主面の法線とのなす角を β 、ウエッジ基板3の屈折率を n とすれば、 $\sin \alpha$ は、以下の式4のように表すことができる。

【0052】

【数4】

$$\sin \alpha = n \cdot \sin \beta \quad (\text{式4})$$

【0053】ウエッジ基板3の頂角方向と垂直な方向を0度として反時計回りに測った角度を γ 、 γ 面内でのウエッジ基板3の頂角を α' 、参照光4とホログラム記録媒体1の第2の主面の法線とのなす角度を β' とすれば、 $\tan \alpha'$ 及び $\sin \alpha'$ は、以下の式5及び式6のように表すことができる。

【0054】

【数5】

$$\tan \alpha' = \tan \alpha \times \sin \gamma \quad (\text{式5})$$

【0055】

【数6】

$$\sin \alpha' = n \cdot \sin \beta' \quad (\text{式6})$$

【0056】これらを連立して、 $\alpha = 5$ 度、 $n = 1.5$ の場合について計算した結果を図9にグラフとして示す。このグラフからもわかるように、ホログラム記録媒体1が1回転する間に、 ± 3.33 度の範囲で β' が変化する。この条件で、1000分の5度おきに角度多重記録を行えば、ホログラム記録媒体1の1周で約2500のホログラムを多重記録できる計算になる。

【0057】このホログラムを多重記録された1周分の領域をトラックとして、ホログラム記録媒体1は、図10及び図11に示すように、各ホログラムを矢印R2の螺旋状もしくは矢印R3の同心円状のトラックに連続して記録することができる。このようなトラック構造6を、例えば、同心円状に400設ければ、100万のホログラムを多重記録することができる。

【0058】ここで、従来より用いられるビームデフレクタなどによる角度偏向手法もしくは波長を可変可能なレーザ光源又は複数のレーザ光源などによる波長可変手法を使用しない場合は、隣り合うトラックが同一の参照

光4により記録されているので、隣り合うトラックを重ね合わせて記録してしまうと、ホログラムの再生時に再生光が両方のトラックに照射されてしまう。これにより、同時に複数のホログラムを再生することになってしまうので、各トラックを完全に分離しなければならない。但し、従来より用いられる角度偏向手法もしくは波長可変手法を組み合わせて記録すれば、動径方向にもホログラムを多重記録することができ、多重度すなわち記録密度をさらに高めることができる。

【0059】なお、各トラック間には、図10及び図11に示すように、記録時もしくは再生時のレーザ光の位置決めのために、従来から用いられている光ディスクと同様にグループ7などを設けてもよい。

【0060】以上のように、本発明に係るホログラム媒体1の第1の構成例では、ホログラム記録媒体1の有するウエッジ基板3が、上述したように第1の主面と第2の主面とを有し、このホログラム記録媒体1が回転することにより、ウエッジ基板3内に入射する参照光4の進行方向を偏向させてホログラム記録層2に対してホログラムの角度多重記録を行うことができる。また、ホログラム記録再生装置を大型化させずに参照光4を偏向させる角度を精度よく制御することができる。

【0061】また、ホログラム記録媒体1は、再生光として参照光4又は参照光4と位相共役なレーザ光を照射されることにより記録されたホログラムを再生する。

【0062】なお、参照光4を偏向させる角度の制御については、従来のビームデフレクタなどを用いた角度偏向手段と比べて、ホログラム記録媒体1の回転による偏向方法を用いたほうが、プリズムを回転させる場合と同様に精度が向上する。次に、第2の構成例としてホログラム記録媒体1は、図12に示すように、全体として中央に開口部1aを有する略ディスク形状とされており、ウエッジ基板3により構成される。また、ホログラム記録媒体1は、記録再生時に、軸Oを中心として例えば矢印R1の方向へ回転される。ホログラム記録媒体1は、ホログラム記録媒体1の回転平面に対して平行な第1の主面と、この第1の主面に対して傾きを有する第2の主面とを有している。なお、以下では、第1の構成例との相違点のみを説明し、それ以外の点については略同等の為に説明を省略する。

【0063】ウエッジ基板3は、略ディスク形状を有し、ホログラム記録媒体1の回転平面に対して水平な第1の主面と、この第1の主面に対して傾きを有する第2の主面とを有する。

【0064】また、ウエッジ基板3は、互いにコヒーレントなレーザ光である参照光4及び物体光5を照射することにより、記録対象となる情報信号を参照光4と物体光5との干渉パターンとして記録する。

【0065】さらに、ウエッジ基板3は、プリズムとしての機能を有し、ウエッジ基板3内に入射された参照光

4及び物体光5を入射面において屈折させることによって偏向させ、透過させることができる。

【0066】ウエッジ基板3を構成する材料としては、例えば、Fe、Ce、Pr、又はFeとMnとの合金等をドーパしたフォトリフラクティブ結晶などの無機記録材料を用いる。またフォトリフラクティブ結晶としては、例えば、LiNbO₃やLiTaO₃等が好適である。

【0067】上述したように構成されたホログラム記録媒体1は、上述したホログラム記録層2を持つ場合と同様に、軸Oを中心として矢印R1方向へ回転する。

【0068】ホログラム記録媒体1が回転する際の参照光4及び物体光5の偏向方向については、上述した第1の構成例のようにホログラム記録層2と略同等であるために説明は省略する。

【0069】なお、ホログラム記録媒体1が第1の構成例のようにホログラム記録層2を有する場合は、ホログラム記録層2にホログラムを記録するのに対して、第2の構成例としてホログラム記録層2を持たない場合は、ウエッジ基板3にホログラムを記録する。言い換えれば、ウエッジ基板3全体を記録領域として用いていると言える。

【0070】ただし、ホログラム記録媒体1において、結晶など複屈折の特性を有する材料を用いる場合は、記録及び／又は再生に用いるレーザ光の偏光方向と結晶軸の方位とに注意する必要がある。すなわち、ホログラムを記録及び／又は再生する際に用いるレーザ光は、ホログラム記録媒体1中を固有偏光として伝播するように、偏光方向と結晶方位を選択することが望ましい。

【0071】例えば、最もよく用いられるフォトリフラクティブ結晶であるニオブ酸リチウム(LiNbO₃)結晶の場合は、結晶のc軸をウエッジ基板3の底面に垂直方向とし、参照光4と物体光5とは、常光線として伝播するようにする。

【0072】以上のように構成されるホログラム記録媒体1の第2の構成例では、ウエッジ基板3を備えていることによって、ウエッジ基板3内に入射された参照光4を偏向させてホログラムを記録することができる。そして、ホログラム記録媒体1が回転することにより、ホログラム記録媒体1内において参照光4の入射角が変化し、参照光4の入射角を変化させるための光学系を用いずに、角度多重記録を容易に行うことができる。

【0073】また、ホログラム記録媒体1は、再生光として参照光4又は参照光4と位相共役なレーザ光を照射されることにより記録されたホログラムを再生する。

【0074】なお、参照光4を偏向させる角度は、従来の偏向手段と比べて、ホログラム記録媒体1の回転による偏向方法を用いたほうが、プリズムを回転させる場合と同様にホログラム記録媒体1の回転により精度よく制御することができる。

【0075】なお、本発明に係るホログラム記録媒体1が、参照光4を反射する反射層を有するとしてもよい。そこで以下では、反射層を有する場合について説明する。なお、特に記述のない点においては、上述した反射層を有さないホログラム記録媒体1と略同等であるものとし説明する。

【0076】反射層は、ホログラム記録媒体1の回転平面に対して平行な第1の主面側に配設され略円形のディスク形状を有する。また、反射層は、ホログラム記録媒体1の第1の主面に対して傾きを有する第2の主面より照射された参照光4を反射することができる。反射層としては、平面ミラー又はコーナークューブを用いることができる。

【0077】まず、反射層として平面ミラーを用いた場合について説明する。平面ミラー10は、図13及び図14に示すように、ホログラム記録媒体1の下部に配設され、参照光4を反射する。

【0078】平面ミラー10を有するホログラム記録媒体1に対してホログラムを記録する場合に、参照光4は、図13中の矢印A10に示す方向に照射される。次に、参照光4は、ホログラム記録媒体1に入射して入射面で偏向し、平面ミラー10によって矢印A11に示す方向へ反射される。

【0079】平面ミラー10を有するホログラム記録媒体1に対してホログラムを記録する場合に、物体光5は、矢印A12に示す方向に照射される。

【0080】ホログラム記録媒体1は、上述したような光路で入射した参照光4と物体光5との干渉パターンをホログラムとして記録する。

【0081】ホログラムを再生する場合に、再生光11は、図14中の矢印A13に示す方向に照射される。次に、再生光11は、ホログラム記録媒体1に入射して偏向し、平面ミラー10によって矢印A14に示す方向へ反射される。再生光11を照射されたホログラム記録媒体1から再生される物体光5は、矢印A15に示す方向に再生される。

【0082】また、上述した物体光5の入射方向をホログラム記録媒体1は、図15中に示すように、矢印A16に示す周面方向からとしてもよい。この場合に記録されたホログラムを再生光11を照射して再生すると、図16中に示すように、物体光5が矢印A17に示す方向へ再生される。参照光4においては、矢印A12に示す方向から物体光5を照射された場合と同様のため説明は省略する。なお、矢印A16に示す周面方向から物体光5を照射する際に、第1の構成例のようにホログラム記録層2を持つ場合においては、参照光4と物体光5とが干渉する領域をホログラム記録層2内としなければならない。

【0083】以上のように、反射層として平面ミラー10を用いた場合は、ホログラムを記録する際の参照光4

と逆の光路から、参照光 4 である再生光 11 を照射することによって、物体光 5 を物体光 5 が照射された方向へ再生する。

【0084】次に、コーナーキューブ群を反射層として用いた場合について説明する。ホログラム記録媒体 1 の回転平面に対して平行な第 1 の主面側に、図 17 及び図 18 に示すように、コーナーキューブ群 12 を配設することによって、ホログラムの記録再生を行う。

【0085】コーナーキューブ群 12 は、図 19 に示すコーナーキューブ 13 をアレイ状に配列したものである。コーナーキューブ 13 は、3 つの反射面が互いに垂直となる位置に配設されてなるプリズムやミラーなどであり、立方体の頂角を切り取った形状を有している。コーナーキューブ 13 は、一面から入射されたレーザ光を 3 つの反射面で全反射させ、入射面からレーザ光の入射方向に対して逆方向へ出射させる。この際に、入射したレーザ光に対して、出射するレーザ光が 180 度偏光される。図 19 に示す像 14 及び像 15 は、入射した像が 180 度偏光していることを示し、入射された像 14 がコーナーキューブ 13 内で全反射を 3 回繰り返して像 15 のように 180 度偏光して出射される。なお、内部が中空のミラーにより構成されたコーナーキューブ 13 は波長依存性を持たないため、波長多重記録を行う場合には特に有効である。

【0086】上述したようなコーナーキューブ 13 をアレイ状に配列したコーナーキューブ群 12 は、図 20 及び図 21 に示すように、コーナーキューブ 13 を隙間なく配列して構成される。

【0087】コーナーキューブ群 12 を有するホログラム記録媒体 1 に対してホログラムを記録する場合に、参照光 4 は、図 17 中の矢印 A 18 に示す方向に照射される。次に、参照光 4 は、ホログラム記録媒体 1 に入射して入射面で偏向し、コーナーキューブ群 12 によって矢印 A 19 の方向へ反射される。

【0088】コーナーキューブ群 12 を有するホログラム記録媒体 1 に対してホログラムを記録する場合に、物体光 5 は、矢印 A 20 に示す方向に照射される。

【0089】ホログラム記録媒体 1 は、上述したような光路で入射した参照光 4 と物体光 5 との干渉パターンをホログラムとして記録する。

【0090】ホログラムを再生する場合に、再生光 11 は、図 18 中の矢印 A 21 に示す方向に照射される。次に、ホログラム記録媒体 1 に入射して入射面で偏向し、コーナーキューブ群 12 によって矢印 A 22 の方向へ反射される。再生光 11 を照射されたホログラム記録媒体 1 から生ずる物体光 5 は、矢印 A 23 に示す方向に再生される。

【0091】また、上述した物体光 5 の入射方向を、図 22 中の矢印 A 24 に示すホログラム記録媒体 1 の周面方向からとしてもよい。この場合は、物体光 5 が再生さ

れる方向が図 23 中の矢印 A 25 に示す方向となる。参照光 4 においては、矢印 A 20 に示す方向から物体光 5 を照射された場合と同様のため説明は省略する。なお、矢印 A 24 に示すホログラム記録媒体 1 の周面方向から物体光 5 を照射する際に、第 1 の構成例のようにホログラム記録層 2 を持つ場合においては、参照光 4 と物体光 5 とが干渉する領域をこのホログラム記録層 2 内としなければならない。

【0092】以上のように、反射層としてコーナーキューブ群 12 を用いた場合は、ホログラムを記録する際の参照光 4 に対して逆の光路から、参照光 4 とは位相共役光である再生光 11 を照射することによって物体光 5 を物体光 5 が照射された方向へ再生する。

【0093】以上のような流れにより、反射層を有するホログラム記録媒体 1 は、照射された参照光 4 と物体光 5 との干渉パターンを記録し、再生光 11 を照射されることによって記録された物体光 5 を再生し情報信号をホログラムとして再生することができる。

【0094】この際に、再生光 11 として、ホログラム記録媒体 1 に配設された反射層によって反射された参照光 4 を位相共役光として用い、ホログラムの位相共役再生を行うことができる。

【0095】これによって、ホログラム記録再生装置側において、位相共役光を作り出すための光学系が不要となり、また、再生される物体光 5 の位置が常に物体光 5 が照射された向きになるために、装置構成の大型化を防ぐことができる。

【0096】また、コーナーキューブ群 12 を用いた場合においては、参照光 4 と再生光 11 との光路が全く同一のために、再生光 11 の為に光学系を調整せずとも参照光 4 を用いてそのままホログラムの位相共役再生を行うことができる。これによって、ホログラム記録再生装置において装置構成の簡略化も期待できる。

【0097】なお、上述の説明では、ホログラム記録媒体 1 の第 1 の主面側に反射層を配設し、参照光 4 の反射光を再生光 11 として利用した場合を示したが、ホログラム記録媒体 1 の反対側から再生光 11 として参照光 4 を照射させてもよい。この場合は、ホログラム記録再生装置の装置構成が多少複雑化するが、ホログラムを記録する際の参照光 4 とは別の光路を作り位相共役再生を行うことができる。

【0098】また、ホログラムの位相共役再生においては、記録時の参照光 4 の波面が完全に復元されるので、収差は完全に補正される。従って、物体光 5 は、図 15 及び図 16、図 22 及び図 23 に示したように、ホログラム記録媒体 1 の周面方向から照射させた場合であっても良好な再生出力を得ることができる。また、ホログラムの位相共役再生時には元の波面が完全に復元されるので、ホログラム記録媒体 1 の周面は、任意の形状とすることができる。

【0099】ここで、ホログラム記録媒体1の周面は、原理上は粗面であっても構わないが、散乱による光利用効率を考えると、高い面精度で形成されていることにより散乱光の光利用効率を高くすることができる。しかし、形状は限定されるものではなく、不連続面であっても構わない。

【0100】なお、本発明に係るホログラム記録媒体1は、ウェッジ基板3の傾斜角度を急峻にすれば、レーザ光の偏向方向が大きく変化しホログラムの角度多重記録の際の多重度が上がり、ホログラムを再生する際の選択性を高めることができるので、記録密度を向上させることができる。しかし、ウェッジ基板3の傾斜角度を単純に大きくすれば、ホログラム記録媒体1が厚くなり、容積が増加してしまう。これを避けるために、図24に示すように、ホログラム記録媒体1の領域を分割し、各領域がそれぞれ回転平面に対して傾きを有する変形ウェッジ基板16としてもよい。

【0101】このようにすれば、各々の領域でのウェッジ基板3の傾斜角度を大きくすることができるので、参照光4の偏向角度が大きくなり、角度多重記録における多重度を向上させることができる。これによって、記録密度の向上が期待できる。また、ホログラム記録媒体1の回転平面に対する質量の偏りを避けることができ回転安定性が増すことになる。なお、図24においては、第1の構成例のようにホログラム記録層2を有する場合について図示してあるが、第2の構成例のようにホログラム記録層2を持たない場合であってもよい。また、上述したように反射層を有する場合にも適用可能である。

【0102】なお、ホログラム記録媒体1は、中央に開口部1aを備えないとしてもよい。この場合は、中央部まで記憶領域を確保することができるために記憶容量を増やすことができる。

【0103】次に、本発明に係るホログラム記録再生装置及びホログラム記録再生方法について上述したホログラム記録媒体1に対してホログラムを記録及び／又は再生を行う場合について説明する。なお、上述したホログラム記録媒体1において説明したものと同等であるものには説明を省略する。

【0104】本発明に係るホログラム記録再生装置20の構成例を図25に示す。ホログラム記録再生装置20は、制御部21と、光学系22と、駆動系23とにより構成される。

【0105】制御部21は、ホログラム記録再生装置20全体の制御を行う。

【0106】光学系22は、図26に示すように、レーザ光源24と、空間変調器25と、コリメータレンズ26と、ビームスプリッタ27と、ミラー28、29、30と、フーリエ変換レンズ31、32と、ディテクターアレイ33とを有する。

【0107】レーザ光源24は、固体レーザ、気体レー

ザ、半導体レーザ及びそれらの非線形波長変換によるコヒーレント光を連続的に出力することができる光源が好ましい。レーザ光源24としては、特に、Nd:YAGレーザ、Nd:YVO4レーザの第二高調波、Arイオンレーザは、上述した本発明に係るホログラム記録媒体1に対しホログラムを記録する際に、ホログラム記録媒体1に対して感度が高く、コヒーレンスも優れている上に手軽に入手することが可能であるため好適なレーザ光源である。

【0108】また、レーザ光源24としては、GaN系等の半導体レーザを用いるとしてもよい。この場合は、波長幅を狭くするために、DFB (Distributed Feed-Back) 構造や外部共振器などを用いることも考えられる。また、レーザ光源24の出力するレーザ光は、参照光4、物体光5、再生光11として用いられる。

【0109】空間変調器25は、照射されたレーザ光に対し情報信号を光の位相情報として与え、ホログラム記録媒体1にホログラムを記録する際の物体光5を生成する機能を有している。

【0110】この空間変調器25には、透過型を用い、例えば、市販の液晶パネルである透過型液晶空間変調器などを用いることができる。しかし、空間変調器25としては、上記の透過型液晶空間変調器に限定されるものではなく、マイクロマシン技術を用いた反射型の空間変調器などを用いることができる。

【0111】コリメータレンズ26は、レーザ光源24から出力されたレーザ光を平行光とし、ビームスプリッタ27へ送る機能を有する。

【0112】ビームスプリッタ27は、コリメータレンズ26によって平行光とされたレーザ光を二分割し、一方を参照光4とするためにミラー28へ反射し、他方を透過してミラー29へ送る機能を有する。

【0113】ミラー28は、ビームスプリッタ27で分割されたレーザ光を参照光4としてホログラム記録媒体1へ照射させる。

【0114】ミラー29は、ビームスプリッタ27で分割されたレーザ光を、ミラー30へ反射させる。

【0115】ミラー30は、ミラー29で反射されたレーザ光を空間変調器25へ反射する。

【0116】フーリエ変換レンズ31は、空間変調器25を透過したレーザ光をフーリエ変換し、ホログラム記録媒体1に対して照射する。

【0117】フーリエ変換レンズ32は、ホログラム記録媒体1から再生された物体光5をフーリエ変換しディテクターアレイ33へ照射する。

【0118】ディテクターアレイ33は、例えば、CCD (Charge-Coupled Device) により構成されており、再生された物体光5を電気信号として検出する。なお、ディテクターアレイ33としては、CCDが現在最も簡単に入手することができるが、特にCCDに限定される

ものではなく、低消費電力且つ低コストで作成できることから近年開発が進んでいるCMOS (Complementary Metal-oxide Semiconductor Device) などを用いてもよい。

【0119】駆動系23は、ホログラム記録媒体1を回転駆動させるスピンドルモータ (図示せず) を有している。なお、駆動系23は、スピンドルモータに限定されるものではなく、ステッピングモータなどを用いてもよい。

【0120】以上のように構成された本発明に係るホログラム記録再生装置20は、以下のように動作することによりホログラム記録媒体1に対しホログラムを記録する。

【0121】まず、レーザ光源24は、制御部21によりレーザ光の出力を調整され、レーザ光をコリメータレンズ26へ照射する。そして、コリメータレンズ26は、レーザ光を平行光にし、ビームスプリッタ27へ照射する。

【0122】ビームスプリッタ27は、照射されたレーザ光の一部をミラー28へ反射させ、残りのレーザ光をミラー29へ透過させる。

【0123】ミラー28は、ビームスプリッタ27によって反射されたレーザ光を参照光4としてホログラム記録媒体1に照射する。

【0124】一方、ミラー29は、ビームスプリッタ27から透過したレーザ光をミラー30に向けて反射し、さらにミラー30は、ミラー29で反射されたレーザ光を空間変調器25に向けて反射する。

【0125】空間変調器25は、制御部21に制御されて、記録する情報信号に応じた記録パターンを表示し、ミラー30で反射されたレーザ光に情報信号を光の位相情報として与え物体光5とし、フーリエ変換レンズ31へ透過する。

【0126】フーリエ変換レンズ31は、空間変調器25にて情報信号を光の位相情報として与えられた物体光5をフーリエ変換し、ホログラム記録媒体1に対して照射する。

【0127】ホログラム記録再生装置20は、以上のような動作により、参照光4と物体光5との干渉パターンを、ホログラムとしてホログラム記録媒体1に記録する。1枚のホログラムの記録が終了したら、制御部21からの駆動信号により駆動系23を制御して、ホログラム記録媒体1を、例えば矢印R1の方向へ回転させ、次のホログラムを記録する。

【0128】次に、ホログラム記録再生装置20は、以下のような動作により、ホログラムを記録されたホログラム記録媒体1から、ホログラムを再生する。なお、再生時には、ホログラム記録媒体1を記録時と同じ位置に置き、再生光11として参照光4を用いる。

【0129】まず、レーザ光源24は、制御部21にレ

ーザ光の出力を調整され、レーザ光をコリメータレンズ26へ照射する。そして、コリメータレンズ26は、レーザ光を平行光としビームスプリッタ27へ照射する。

【0130】ビームスプリッタ27は、コリメータレンズ26から照射されたレーザ光の一部をミラー28へ反射させ、残りのレーザ光をミラー29へ透過させる。

【0131】ミラー28は、ビームスプリッタ27で反射されたレーザ光をさらに反射し、再生光11として、ホログラム記録媒体1に照射する。

【0132】一方、シャッタ (図示せず) は、ビームスプリッタ27を透過したレーザ光の光路を遮る。

【0133】このようにして、ホログラム記録媒体1に対して、再生光11として、記録時に用いた参照光4のみが照射され、記録されている物体光5をフーリエ変換レンズ33に向けて再生する。

【0134】フーリエ変換レンズ32は、ホログラム記録媒体1で再生された物体光5をフーリエ変換し、ディテクターアレイ33上に情報信号に対応するパターンを結像する。そして、ディテクターアレイ33は、結像した情報信号に対応するパターンを再生情報信号として得ることができる。1枚のホログラムの再生が終了したら、制御部21からの駆動信号により駆動系23を制御して、ホログラム記録媒体1を、例えば矢印R1の方向へ回転させ、次のホログラムを再生する。

【0135】ホログラム記録再生装置20は、以上のような動作によりホログラムを再生する。

【0136】なお、ホログラム記録再生装置20では、ホログラム記録媒体1を透過する再生光4及び物体光5の光路が、ホログラム記録媒体1の回転に伴って変化することになるので、ホログラム記録媒体1の回転に合わせ、ディテクターアレイ33の位置を制御部21の制御によって調整する。この際に、例えば、アクチュエータ (図示せず) 等を用いて、ディテクターアレイ33の位置を調整する。

【0137】なお、上述では透過型のフーリエホログラムとしての例を示した。フーリエホログラムを記録する際には、空間変調器25とフーリエ変換レンズ31、フーリエ変換レンズ31とホログラム記録媒体1、ホログラム記録媒体1とフーリエ変換レンズ32、フーリエ変換レンズ32とディテクターアレイ33がいずれもフーリエ変換レンズ31、32の焦点距離Fだけ離れた間隔で配置された“4Fシステム”と呼ばれる光学系の構成とする。しかし、ホログラム記録媒体1内において、ホログラム記録媒体1を正確なフーリエ面からわずかにずらすことが好ましい。これは、ホログラム記録媒体1に対して物体光5を照射する領域を大きく取り、ホログラムを記録する領域を十分に確保するためである。

【0138】なお、一般的に用いられる様々な手法を本発明に係るホログラム記録再生装置20及びホログラム記録再生方法と組み合わせることも当然可能である。例

えば、ホログラム記録再生装置 20 に参照光 4 を反射させる反射部を備え、反射型のホログラムとすることも容易に可能である。

【0139】そこで、ホログラムを再生する際に、ホログラム記録再生装置 20 が反射部を有する場合について説明する。

【0140】まず、反射部として、図 27 に示すように、コーナーキューブ 34 又はコーナーキューブ 34 をアレイ状に配列したコーナーキューブ群 35 を用いた場合について説明する。コーナーキューブ 34 又はコーナーキューブ群 35 は、コーナーキューブ 34 又はコーナーキューブ群 35 に照射されたレーザ光を照射された方向へ正確に反射することが可能である。

【0141】コーナーキューブ 34 を用いて位相共役再生を行うには、ホログラム記録媒体 1 を透過した平面波である参照光 4 をコーナーキューブ 34 を用いて反射させて、位相共役光とすればよい。但し、行きと帰りの光路では、参照光 4 の位置がずれる。これを避けるには、参照光 4 が常にコーナーキューブ 34 の略略中心に入射するようにすればよい。

【0142】コーナーキューブ群 35 を用いて位相共役再生を行う場合は、中央部に位置する 6 個のコーナーキューブ 34 に入射したレーザ光 36 が、それぞれの入射するレーザ光の光路が反射により変化しても、それと同じ光路を逆側から入射してくるレーザ光が存在するため、結局同一の波面で逆方向に進行する光束が得られる。また、外周部のコーナーキューブ 34 へ入射するレーザ光 35 は、反射時に光路がシフトするために、位相共役再生に寄与できない部分も生じるが、全体として十分な反射光が得られる。ゆえに、十分な位相共役光を得ることができる。また、ホログラムの記録方法は、ホログラム記録媒体 1 の記録領域に空間的に分布した冗長性が高い記録方法なので、上述した位相共役光を用いて十分にホログラムを再生することができる。

【0143】なお、実用上問題になるのは、コーナーキューブ 34 の反射角の精度である。典型的な記録材である鉄をドーブしたニオブ酸リチウムを立方体状に加工し、隣り合った面から物体光 5 と参照光 4 とが直交するような配置で、ホログラムを多重記録しようとする場合には、1000 分の 5 度程度の角度間隔でホログラムを多重記録する。例えば、エドモンドサイエンティフィック社製のコーナーキューブ群 35 の反射角精度は 1000 分の 60 度程度である。このような場合には、一度ビームエキスパンダを逆に用いて平行光のままビーム径を狭めてから、コーナーキューブ群 35 に入射させることで倍率分精度を上げることができる。例えば、コーナーキューブ群 35 への入射光のビーム径を 12 分の 1 にすれば、コーナーキューブ群 35 で反射後にビームエキスパンダ（図示せず。）を往復してホログラム記録媒体 1 に戻った光線の角度誤差は 1000 分の 5 度になる。

【0144】このようなコーナーキューブ群 35 を用いれば、上述したホログラム記録媒体 1 を回転させながらホログラムの記録及び／又は再生を行う場合でも、簡単に位相共役再生を行うことができる。

【0145】上述した、反射部としてコーナーキューブ群 35 を有するホログラム記録再生装置 20 について、その要部を図 28 乃至図 30 に示し説明する。

【0146】まず、図 2 中におけるホログラム記録媒体 1 の A-A' 線における断面図を図 28 に示す。ホログラム記録媒体 1 に向けて照射された参照光 4 は、矢印 G の光路を通りウエッジ基板 3 内に入射する。ウエッジ基板 3 に入射した参照光 4 は、入射面により進行方向を変えられてホログラム記録層 2 に到達する。

【0147】一方ホログラム記録媒体 1 に照射された物体光 5 は、矢印 G' の光路を通りウエッジ基板 3 内に入射し、ホログラム記録層 2 に到達する。

【0148】以上のような光路から入射した参照光 4 及び物体光 5 によって、ホログラムを記録する。

【0149】ホログラムを再生する際には、再生光 11 として参照光 4 をそのまま用いる。参照光 4 は、矢印 G の光路を通りウエッジ基板 3 内に入射する。ウエッジ基板 3 に入射した参照光 4 は、入射面により進行方向を変えられてホログラム記録層 2 に到達し、ホログラム記録層 2 を透過する。そして、参照光 4 は、コーナーキューブ群 35 によって反射されて、矢印 G の光路を逆行し、再びホログラム記録層 2 に到達する。

【0150】以上のように参照光 4 を位相共役光として位相共役再生を行う。

【0151】次に、図 2 中におけるホログラム記録媒体 1 の B-B' 線における断面図、すなわち図 28 に示す断面図からホログラム記録媒体 1 が矢印 R1 の方向へ 90 度回転させた状態の断面図を図 29 に示す。ホログラム記録媒体 1 に向けて照射された参照光 4 は、矢印 H の光路を通りウエッジ基板 3 内に入射する。ウエッジ基板 3 に入射した参照光 4 は、入射面により進行方向を変えられてホログラム記録層 2 に到達する。

【0152】一方ホログラム記録媒体 1 に照射された物体光 5 は、矢印 H' の光路を通りウエッジ基板 3 内に入射し、ホログラム記録層 2 に到達する。

【0153】以上のような光路から入射した参照光 4 及び物体光 5 によって、ホログラムを記録する。

【0154】ホログラムを再生する際には、再生光 11 として参照光 4 をそのまま用いる。参照光 4 は、矢印 H の光路を通りウエッジ基板 3 内に入射する。ウエッジ基板 3 に入射した参照光 4 は、入射面により進行方向を変えられてホログラム記録層 2 に到達し、ホログラム記録層 2 を透過する。そして、参照光 4 は、コーナーキューブ群 35 によって反射されて、矢印 H の光路を逆行し、再びホログラム記録層 2 に到達する。

【0155】以上のように参照光 4 を位相共役光として

位相共役再生を行う。

【0156】次に、図2中におけるホログラム記録媒体1のA' A断面図、すなわち図28に示す断面図からホログラム記録媒体1が矢印R1の方向へ180度回転させた状態の断面図を図30に示す。ホログラム記録媒体1に向けて照射された参照光4は、矢印Iの光路を通りウェッジ基板3内に入射する。ウェッジ基板3に入射した参照光4は、入射面により進行方向を変えられてホログラム記録層2に到達する。

【0157】一方ホログラム記録媒体1に照射された物体光5は、矢印I'の光路を通りウェッジ基板3内に入射し、ホログラム記録層2に到達する。

【0158】以上のような光路から入射した参照光4及び物体光5によって、ホログラムを記録する。

【0159】ホログラムを再生する際には、再生光11として参照光4をそのまま用いる。参照光4は、矢印Iの光路を通りウェッジ基板3内に入射する。ウェッジ基板3に入射した参照光4は、入射面により進行方向を変えられてホログラム記録層2に到達し、ホログラム記録層2を透過する。そして、参照光4は、コーナーキューブ群35によって反射されて、矢印Iの光路を逆行し、再びホログラム記録層2に到達する。

【0160】以上のように参照光4を位相共役光として位相共役再生を行う。

【0161】次に、図2中におけるA' A断面図、すなわち図28に示す断面図からホログラム記録媒体1が矢印R1の方向へ270度回転させた状態においては、図29と略同等の為に説明を省略する。

【0162】以上のように、コーナーキューブ群35を有するホログラム記録再生装置20は、ホログラム記録媒体1を回転させることで、ホログラム記録媒体1に照射する参照光4及び物体光5の進行方向をウェッジ基板3により変化させることができる。そして、前に記録したホログラムのブラッグ条件が満たされなくなるまで十分な角度だけ回転したところで、次の情報信号を光の位相情報として記録する。再生時には、ホログラム記録媒体1に対して再生光11として参照光4を照射すれば、光記憶媒体1に対して記録した物体光5が再生され、ディテクターアレイ33に情報信号に対応するパターンを結像し、ホログラム記録再生装置20が再生情報信号を得る。

【0163】以上のように、本発明に係るホログラム記録再生装置20及びホログラム記録再生方法では、反射部としてコーナーキューブ群35を用いることにより、ホログラム記録媒体1から再生する物体光5の再生方向を固定できる。このために、ホログラム記録再生装置におけるアクチュエータが不要になり、装置構成が簡略化でき、より実用的なホログラムの再生が可能になる。

【0164】なお、ホログラム記録再生装置20が反射部としてコーナーキューブ群35を有する場合について

て、ホログラム記録再生装置20の構成例を、図31に示す。コーナーキューブ群35を用いることにより、ホログラム記録媒体1に対して参照光4が入射する時と同じ光路でコーナーキューブ群35によって反射されており、位相共役再生を簡単に実施することが可能である。

【0165】また、図32に示すように、ホログラム記録再生装置20が反射部として平面ミラー38を有するとしてもよい。この場合は、ホログラムの位相共役再生を行うことができるが、ホログラム記録媒体1に対する参照光4の入射角度を、ウェッジ基板3の傾斜方向に応じて変化させなければいけないため、ビームデフレクタ等の偏向手法が必要になる。

【0166】上述したように透過型のホログラムの再生を行うと、ウェッジ基板3により透過した参照光4及び物体光5の進行方向が変化するので、ディテクターアレイ33の位置を移動させなければならない。しかし、図28に示すようなコーナーキューブ群12を用いた位相共役再生を行えば、再生光11は記録時と同じ参照光4を用いることができ、ホログラム記録媒体1に対して入射した物体光5と同じ方向に正確に無収差で物体光5を再生することができる。

【0167】以上のように本発明に係るホログラム記録再生装置20及びホログラム記録再生方法は、ビームデフレクタなどの偏向手法を用いずに本発明に係るホログラム記録媒体1にホログラムを多重記録及び／再生することができる。また、ホログラムを再生する際には、コーナーキューブ群12を用いてホログラムの位相共役再生を行うことができる。この際に、コーナーキューブ群12を加えるだけでビームデフレクタなどの角度偏向手法を用いずとも角度多重記録及び／再生をすることができる。この装置構成が簡単で省スペースになるだけでなく、光学系の収差を除去することができる。

【0168】なお、本発明に係るホログラム記録再生装置20及びホログラム記録再生方法では、レーザ光として平行光を用いることが必要であるが、空間を伝搬する光は回折が生じるために、レーザ光の波面は厳密には平面波ではないことが多い。レーザ光の強度は、通常ガウシアン分布をとるガウシアンビームであることが多い。このガウシアンビームは、ビームウエストの位置では平面波であるものの、その前後では波面が微少な曲率を持つ。従って、ホログラムの再生時に位相不整合が生じて、回折効率が低下する。この影響を低減するためには、コーナーキューブ34又はコーナーキューブ群35を平面波である参照光4のビームウエストの位置に設置すればよい。このとき、コーナーキューブ34又はコーナーキューブ群35による反射前後の対称性により波面は補正されるので、上述した回折の影響も最小限に抑えることができる。

【0169】このように、コーナーキューブ34又はコ

10

20

30

40

50

ーナーキューブ35群を参照光のビームウエスト位置に配設することで、位相不整合による回折効率の低下を避けることができる。これは、一般的な角度多重記録と原理的には同じことであるが、本発明に係るホログラム記録再生方法の特徴は、角度多重記録におけるレーザ光を偏向させる手法をウェッジ形状の基板の回転によって代替するところにある。

【0170】また、本発明に係るホログラム記録再生装置20及びホログラム記録再生方法は、平面波を参照光4とする任意のホログラムの多重記録方法に適用可能であり、波長多重記録、ペリストロフィック多重記録、フラクタル多重記録もしくはこれらの組み合わせによるホログラムの多重記録方法が適用可能である。例えば、レーザ光源を複数用いるか、波長可変なレーザ光源を用いることで、波長多重記録を組み合わせることができる。また、また本発明に係るホログラム記録再生装置20の構成例に、さらに動径方向のビーム偏向手法を加えて、さらに高い多重度のペリストロフィック多重記録を行うことも考えられる。上述したホログラムの多重記録方法を単独でもしくは組み合わせて適用することによって、ホログラムを記録する際の多重度が上がり、記録密度を高めることができる。

【0171】また、シフト多重記録においては、平面のホログラム記録媒体に対して参照光として収束光もしくは発散光を用いるが、本件はこれに対して、ホログラム記録媒体1が回転平面に対して平行な第1の主面と、この第1の主面に対して傾きを有する第2の主面を有し、参照光4として平行光を用いる点に特徴がある。これは、角度多重記録の一種であるペリストロフィック多重記録にも似ているが、本発明による方法では回転に伴い、記録位置がずれるために空間的な多重も同時に行うことになる点に本発明の特徴がある。

【0172】これによって、ガルバノミラーやAOD及びEODなどの角度偏向手法が不要となり、また、ホログラムのシフト多重記録をする際のフォーカス位置の光軸方向の制御も不要になる。したがって、ホログラム記録再生装置20の装置構成を単純化することができる。

【0173】また、本発明に係るホログラム記録再生装置20は、ホログラム記録媒体1の周面方向から物体光5を照射する光学系22の配置であってもかまわない。これによって、ホログラム記録媒体1の記録領域を立体的に用い体積型ホログラムとすることも可能である。なお、この場合においては、ホログラム記録媒体1の第2の構成例が好適である。

【0174】なお、位相共役再生を行うための参照光4と位相共役なレーザ光を生じせしめるための方法としては、四光波混合を用いるとしてもよい。この場合には、入射する参照光4が正確に反転した位相共役光を発生させることが可能である。

【0175】本発明に係るホログラム記録媒体1、ホ

グラム記録再生装置20及びホログラム記録再生方法は、ホログラムメモリ、三次元ディスプレイ、光インターコネクション、相関演算器、ノベルティーフィルタなどの光コンピューティングなど、多岐にわたり応用することが可能である。

【0176】

【発明の効果】本発明に係るホログラム記録媒体は、回転平面に対して平行な第1の主面と、この第1の主面に対して傾きを有する第2の主面とを有することにより、参照光及び／又は物体光のホログラム記録媒体に対する入射角を、ホログラム記録媒体を回転させることにより変化させて、ホログラムを多重記録することができる。

【0177】また、ホログラム記録媒体を回転させるだけで参照光の入射角度を変化させることができるので、ホログラム記録再生装置の装置構成が簡略化でき、低コスト化を図ることができる。

【0178】また、参照光を反射させる際には、コーナーキューブ又はコーナーキューブをアレイ状に配列したコーナーキューブ群を1枚加えるだけの簡単な構成で、位相共役再生を行うことができる。

【0179】これにより、光学系で発生した収差は完全に補正されるので、高度に収差が補正された高価で大型のレンズを用いる必要がなく、装置構成を簡略化でき、安価に高品質の再生像が得られる。

【0180】また、本発明に係るホログラム記録再生装置及びホログラム記録再生方法では、本発明に係るホログラム記録媒体を用いることで、参照光及び／又は物体光のホログラム記録媒体に対する入射角を、ホログラム記録媒体を回転させることにより変化させて、ホログラムを多重記録することができる。

【0181】また、ホログラム記録媒体を回転させるだけで参照光の入射角度を変化させることができるので、ホログラム記録再生装置の装置構成が簡略化でき、低コスト化を図ることができる。

【0182】さらに、コーナーキューブ群を用いることにより、ホログラム記録媒体の回転により、ホログラム記録媒体から再生する物体光の再生方向を固定できる。このために、ホログラム記録再生装置における装置構成が簡略化でき、より実用的なホログラムの再生が可能になる。

【0183】以上のように、本発明を用いることによって、ホログラム記録再生装置の部品点数が削減できるため、小型化、小面積化、低コスト化が可能である。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係るホログラム記録層を有するホログラム記録媒体に参照光及び物体光が入射する場合の一構成例を示す概略斜視図である。

【図2】本発明に係るホログラム記録層を有するホログラム記録媒体の概略斜視図である。

【図3】本発明に係るホログラム記録層を有するホログ

ラム記録媒体に対して参照光及び物体光が入射する場合の光路を示す概略垂直断面図である。

【図 4】本発明に係るホログラム記録層を有するホログラム記録媒体に対して参照光及び物体光が入射する場合の光路を示す概略垂直断面図である。

【図 5】本発明に係るホログラム記録層を有するホログラム記録媒体に対して参照光及び物体光が入射する場合の光路を示す概略垂直断面図である。

【図 6】本発明に係るホログラム記録媒体が有するウェッジ基板に対して参照光が入射する場合の概略垂直断面図である。

【図 7】本発明に係るホログラム記録媒体が有するウェッジ基板の概略斜視図である。

【図 8】本発明に係るホログラム記録媒体が有するウェッジ基板に対して参照光が入射する場合の概略垂直断面図である。

【図 9】本発明に係るホログラム記録媒体が有するウェッジ基板の回転による参照光の偏向角の変化を示すグラフである。

【図 10】本発明に係るホログラム記録媒体のトラック構造の一例を示す概略図である。

【図 11】本発明に係るホログラム記録媒体のトラック構造の一例を示す概略図である。

【図 12】本発明に係るホログラム記録媒体に対して参照光及び物体光が入射する場合の一例を示す概略斜視図である。

【図 13】本発明に係る反射層を有するホログラム記録媒体に対して参照光及び物体光が入射する場合の光路を示す概略斜視図である。

【図 14】本発明に係る反射層を有するホログラム記録媒体に対して再生光を入射させ、物体光が再生される場合の光路を示す概略斜視図である。

【図 15】本発明に係る反射層を有するホログラム記録媒体に対して参照光及び物体光が入射する場合の光路を示す概略斜視図である。

【図 16】本発明に係る反射層を有するホログラム記録媒体に対して再生光を入射させ物体光が再生される場合の光路を示す概略斜視図である。

【図 17】本発明に係るコーナーキューブ群を有するホログラム記録媒体に対して参照光及び物体光が入射する場合の光路を示す概略斜視図である。

【図 18】本発明に係るコーナーキューブ群を有するホログラム記録媒体に対して再生光を入射させ物体光が再生される場合の光路を示す概略斜視図である。

【図 19】本発明において用いられるコーナーキューブに対して入射されたレーザ光が反射する様子を示す概略図である。

【図 20】本発明において用いられるコーナーキューブ群の概略図である。

【図 21】本発明において用いられるコーナーキューブ群に対して入射されたレーザ光が反射する様子を示す概略図である。

【図 22】本発明に係るコーナーキューブ群を有するホログラム記録媒体に対して参照光及び物体光が入射する場合の光路を示す概略斜視図である。

【図 23】本発明に係るコーナーキューブ群を有するホログラム記録媒体に対して再生光を入射させ物体光が再生される場合の光路を示す概略斜視図である。

【図 24】本発明に係るホログラム記録媒体の変形例を示す概略斜視図である。

【図 25】本発明に係るホログラム記録再生装置の構成を示すブロック図である。

【図 26】本発明に係るホログラム記録再生装置の一構成例を示す概略図である。

【図 27】本発明に係るホログラム記録再生装置が有するコーナーキューブ群の概略図である。

【図 28】本発明に係るコーナーキューブ群を有するホログラム記録再生装置が、ホログラム記録層を有するホログラム記録媒体に対して参照光及び物体光を照射する場合の光路を示す概略垂直断面図である。

【図 29】本発明に係るコーナーキューブ群を有するホログラム記録再生装置が、ホログラム記録層を有するホログラム記録媒体に対して参照光及び物体光を照射する場合の光路を示す概略垂直断面図である。

【図 30】本発明に係るコーナーキューブ群を有するホログラム記録再生装置が、ホログラム記録層を有するホログラム記録媒体に対して参照光及び物体光を照射する場合の光路を示す概略垂直断面図である。

【図 31】本発明に係るコーナーキューブ群を有するホログラム記録再生装置の一構成例を示す概略図である。

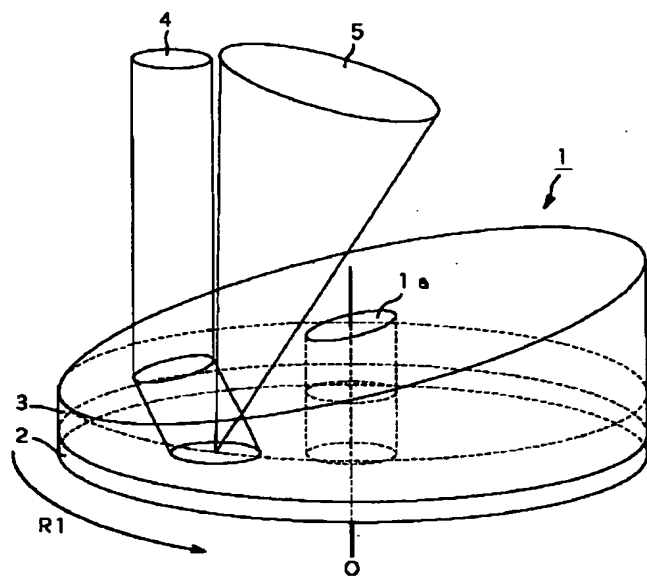
【図 32】本発明に係るミラーを有するホログラム記録再生装置の一構成例を示す概略図である。

【図 33】従来のホログラム記録媒体に対してホログラムのペリストロフィック多重記録を行う場合を示す概略斜視図である。

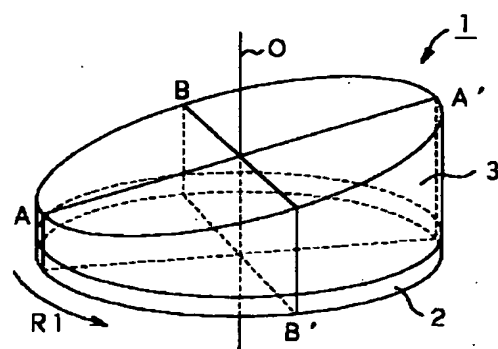
【符号の説明】

1 ホログラム記録媒体、2 ホログラム記録層、3 ウェッジ基板、4 参照光、5 物体光

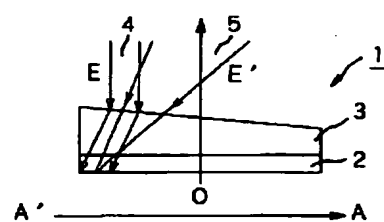
【図1】



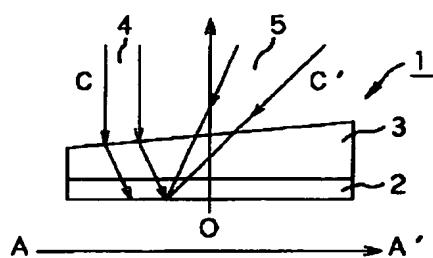
【図2】



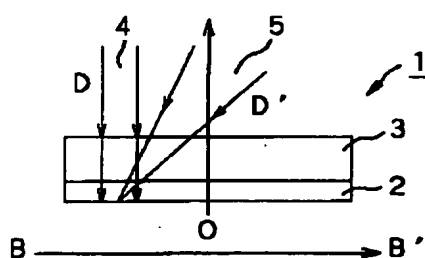
【図5】



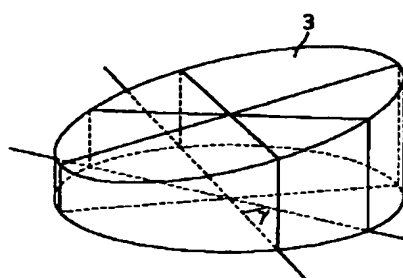
【図3】



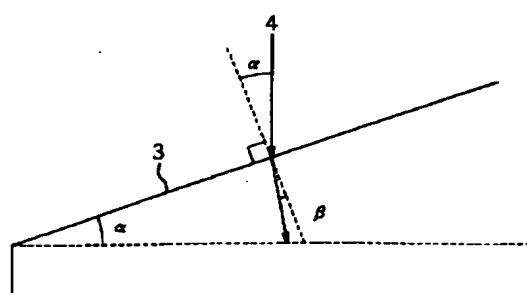
【図4】



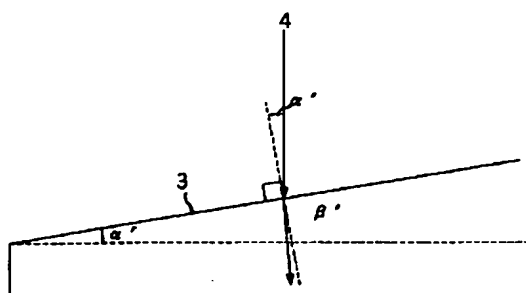
【図7】



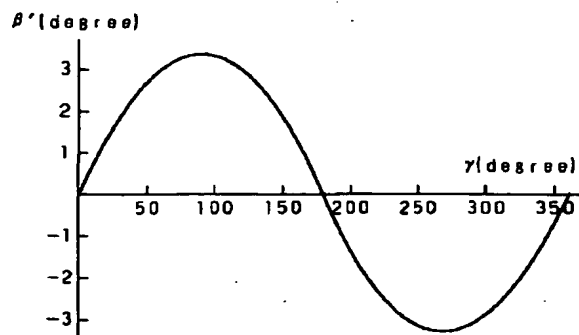
【図6】



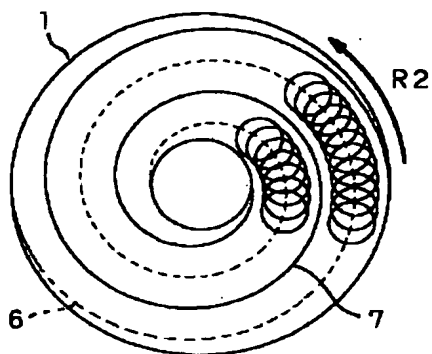
【図 8】



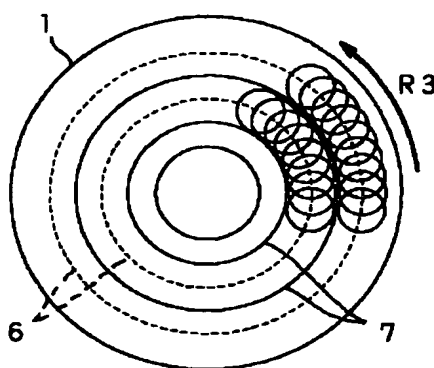
【図 9】



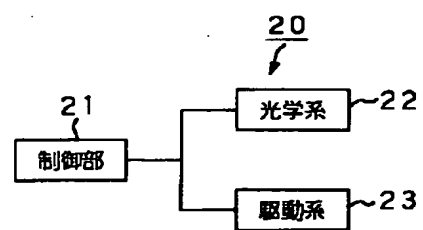
【図 10】



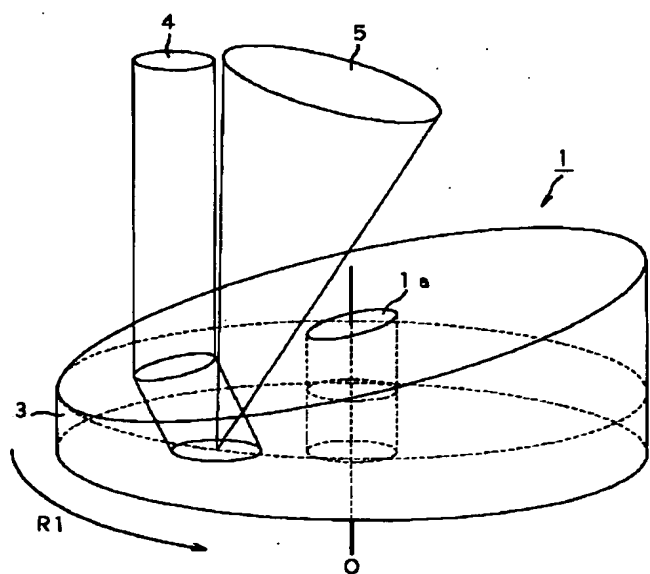
【図 11】



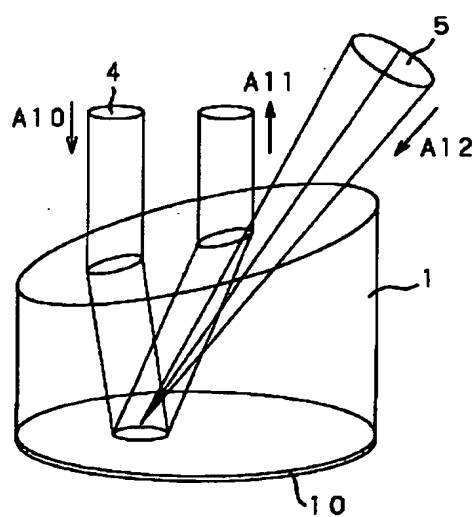
【図 25】



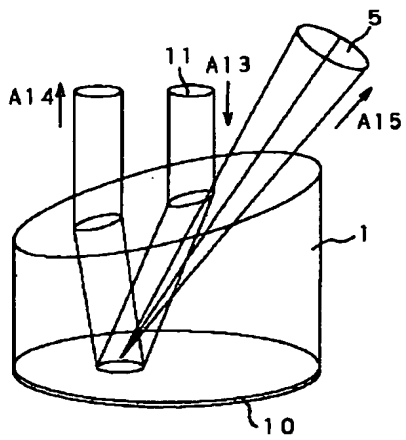
【図 12】



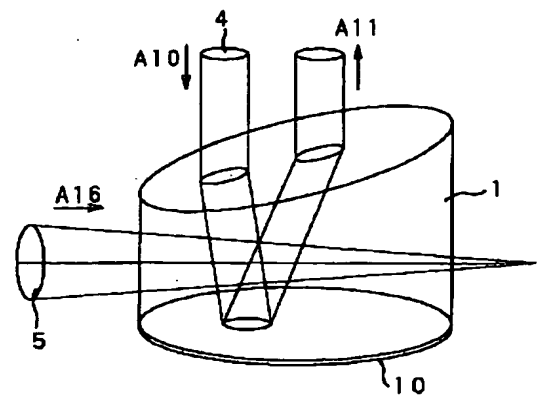
【図 13】



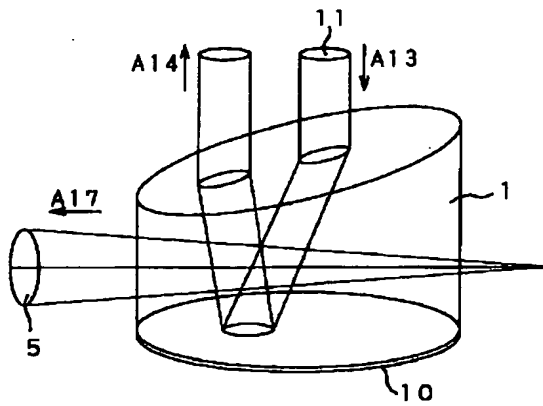
【図14】



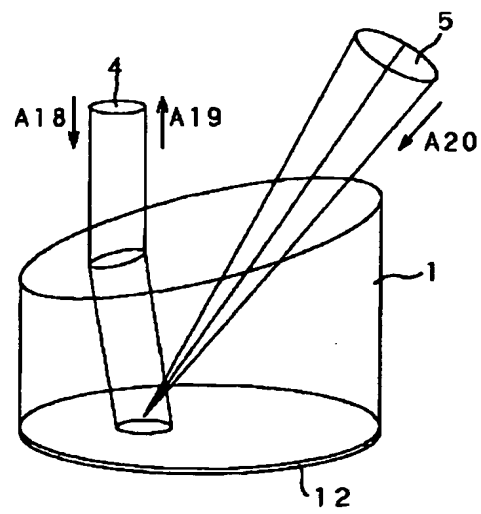
【図15】



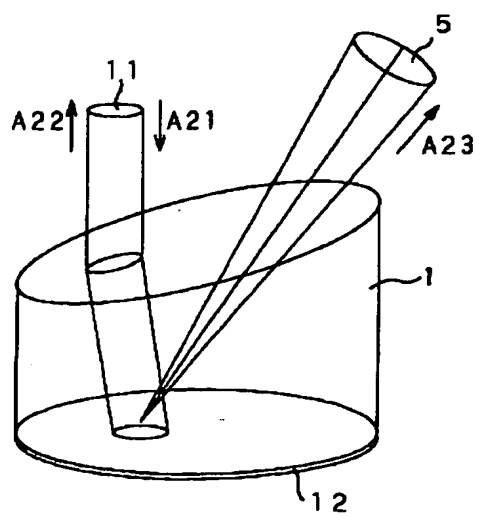
【図16】



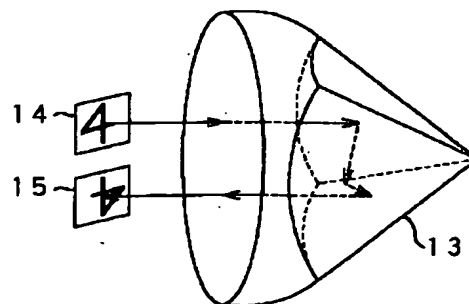
【図17】



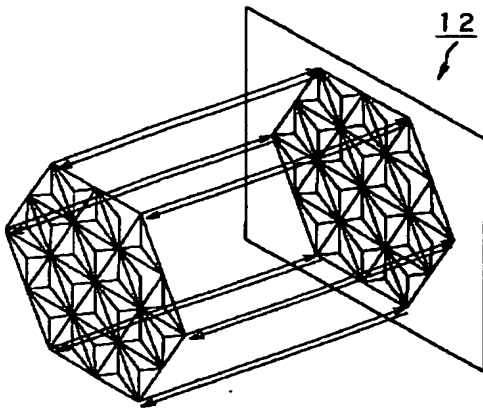
【図18】



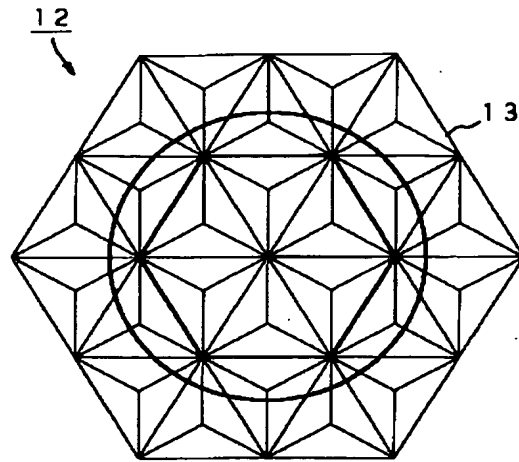
【図19】



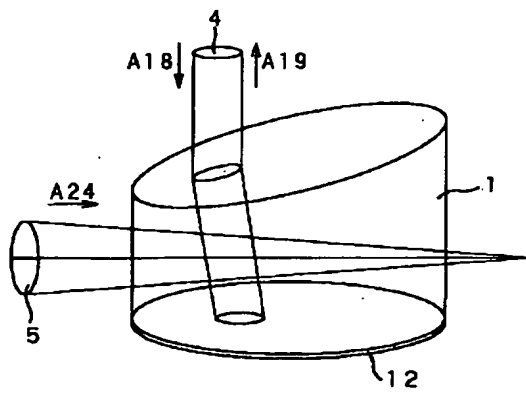
【図20】



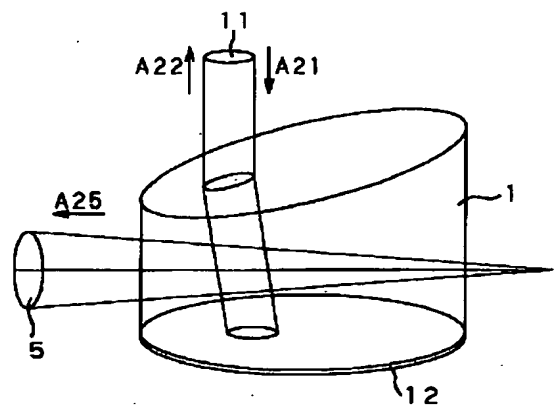
【図21】



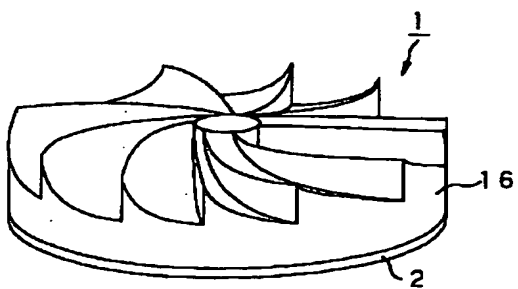
【図22】



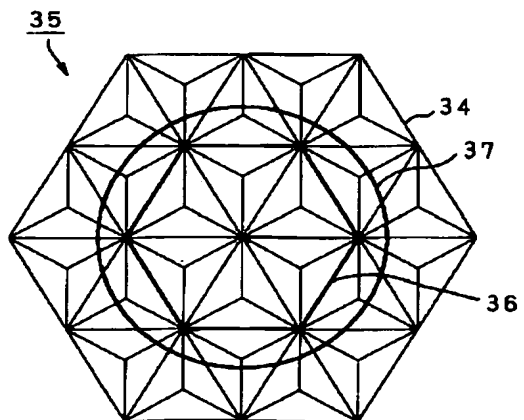
【図23】



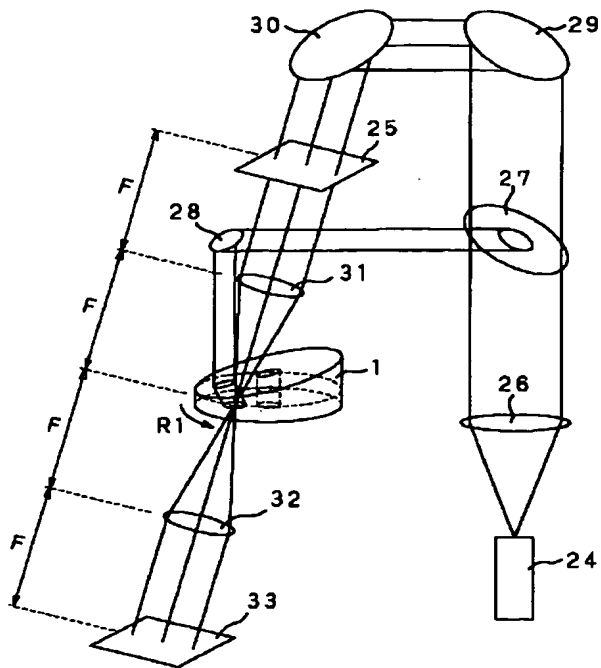
【図24】



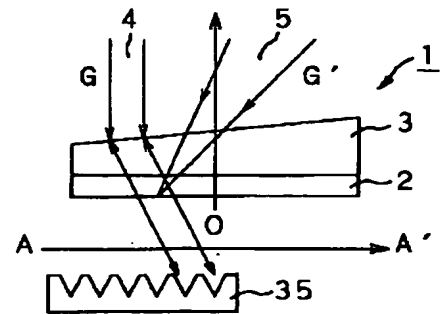
【図27】



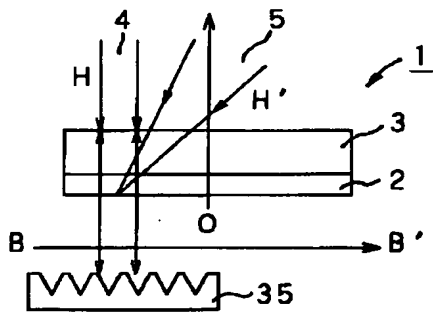
【図26】



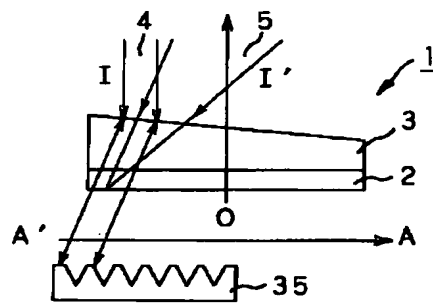
【図28】



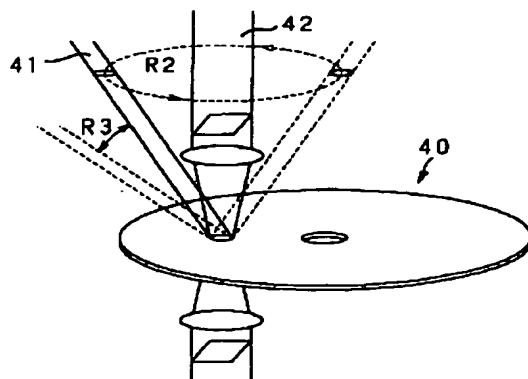
【図29】



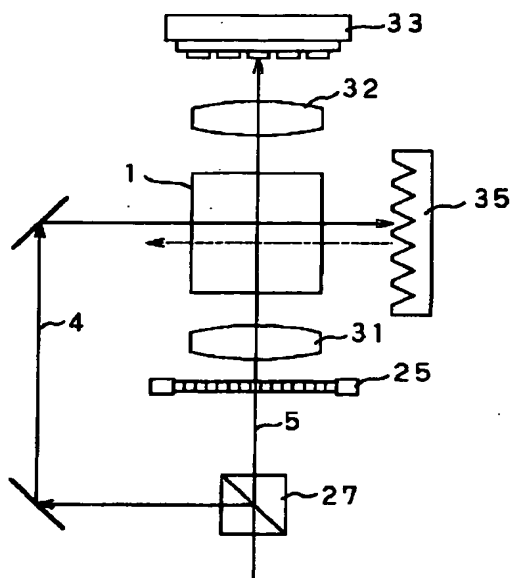
【図30】



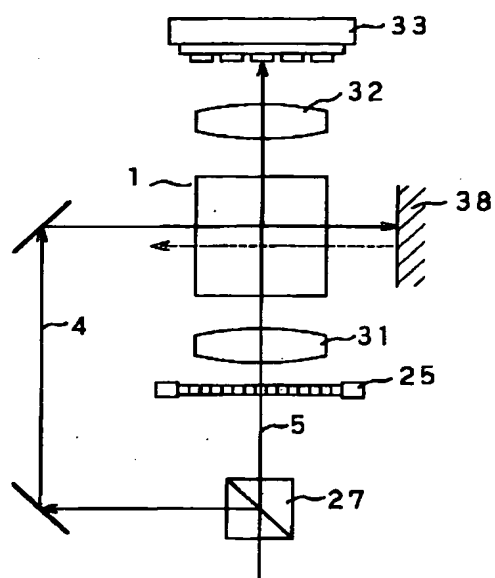
【図33】



【図31】



【図32】



フロントページの続き

Fターム(参考) 2H042 EA04 EA05 EA15
 2K008 AA04 AA17 BB04 BB05 BB06
 CC01 CC03 DD12 DD23 EE01
 EE04 FF07 FF17 FF21 HH00
 HH06 HH18 HH20 HH25 HH26
 HH28
 5D090 AA01 BB03 BB05 BB17 CC01
 CC14 DD03 FF11 LL02